

# **VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA**

**17. listopadu 15, 708 33 Ostrava - Poruba**

**Hornicko-geologická fakulta**

**Optimalizace těžebních podmínek a toku těživa z oblasti  
zasažené bývalou hlubinnou těžbou**

**Optimization of extraction conditions and the flow of  
transported material from the area affected by the former  
underground mining**

**Disertační práce**

**Autor:**

**Ing. Radovan Zima**

**Školitel :**

**Prof. Ing. Václav Kryl, CSc.**

**Studijní program :**

**Hornictví**

**Studijní obor :**

**Hornictví**

**Ostrava, 2010**

## Abstrakt

Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s. se ve svých lomech Jiří a Družba potýká, stejně jako ostatní hnědouhelné společnosti v České republice, s následky předešlé hlubinné těžby. Tento problém ovlivňuje provoz obou lomů. Do dobývacích prostorů lomů zasahují dolová pole bývalých hlubinných dolů, kde se převážně těžilo metodou komorování na řízený zával v lávkách.

Výzkum je aplikován především na podmínky lomu Jiří. Zde je problém těžby v závalových polích velmi aktuální. Po roce 2000 začal objem přerubaných zásob v lomu narůstat. V současné době se nacházejí pozůstatky dřívějšího hlubinného dobývání ve dvou posledních smíšených skrývkových řezech a v 1. a 2.uhelném řezu. Podle průzkumů a starých důlních záznamů má stupeň přerubání ještě dále narůstat a předpokládá se, že po roce 2011 bude až 80% uvolněných zásob zasaženo hlubinnou těžbou. Těžbu v postižených částech sloje lomu Jiří provází vznik ohňů a zápar, výskyt cizích předmětů v těžném materiálu, výrony vody ze stařin a jiné negativní jevy. Nejhorším důsledkem je faktický úbytek zásob. Při těžbě komorováním na řízený zával navíc dochází i ke značnému znehodnocení zbývajících zásob. Mezi zbytkovými pilíři se vyskytuje nadloží propadnuté do komor, ve druhých a třetích lávkách i směsi uhlí z mezikomorových pilířů.

Řešením tohoto problému se zabývá předložená disertační práce. Na základě zkoumání stavu zásob po hlubinném přerubání, analýzy závalového procesu a výpočtu množství a kvality zásob metodou jednotkového bloku řešitel navrhl rozdělovací systém využívající k rozdělování toku těživa klapku, umístěnou na shazovacím voze. Zařízení je doplněno o kontinuální popeloměr. Ten je umístěn tak, aby s předstihem odlišil nadložní jíly nebo jejich směsi s uhlím a vyslal signál k přestavění klapky do směru na výsypku.

Další fází výzkumu je využití rozdělovacího účinku technologie pro části řezů postižených komorováním na zával ve více lávkách, kde se nevyskytují pouze jíly z nadloží, ale i směsi uhlí z vyšších a nižších lávek a mezikomorových pilířů. Tyto směsi je možné navrženou technologií automaticky třídit na dva přiměřeně odlišné kvalitativní druhy uhlí podle průběžně nastavitelné hodnoty obsahu popela. Tímto způsobem lze výrazně zvýšit výtěžnost zásob ze sloje, postižené bývalou hlubinnou těžbou a dosáhnout i jejich lepšího zhodnocení.

V závěru disertační práce jsou uvedeny návrhy na aplikaci navrženého řešení v ostatních těžebních lokalitách v ČR.

***Klíčová slova:*** dřívější hlubinné dobývání, metoda jednotkového bloku, rozdělování toku těživa

## Abstract

Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s. is in its mines „Jiří“ and „Družba“ encountering, such as other brown coal companies in Czech Republic, with effects of previously deep mined area. This problem affects the function of both mines. Current mining areas interfere with previously deep mined area, where a „room and pillar“ method with controlled caving system was used.

Research is mainly focused on conditions of the mine „Jiří“. Here is the problem with mining in caved goafs very actual. After the year 2000 a capacity of extracted supplies started to rise. Currently, the remainings of the previously deep mined area are in 2 last mixed overburden benches and in the first and the second coal bench. According to the researches and old mine's records, the level of extracted supplies will rise even more and it is expected that after the year 2011 there will be 80% of supplies affected by deep mining. Mining in afflicted areas of seam in the mine „Jiří“ is accompanied by presence of fires and infusions, presence of foreign material in the coal, outflow of water from waste areas and other negative effects. The worst consequence is, that amount of the supplies is decreasing. The „room and pillar“ method with controlled caving system also destroys a lot of remaining supplies. Between remaining pillars is top wall which collapsed into rooms, and in second and third benches is mixture of coal from inter-room pillars.

Solution of this problem can be found in the thesis. According to the research of status of supplies in the deep mined area, analysis of collapse process and calculation of amount and quality of supplies by method of the unitary block, problem solver suggested dividing system which will use a clapper to divide the coal flow. The clapper will be placed on a tipping vehicle. The device also includes an ash analyzer. Ash analyzer will differentiate overlying clay or its mixtures with coal and it will send a signal to move the clapper in the direction of waste dump.

Next phase of research is usage of dividing system for cuts affected by the „room and pillar“ method, where is not just clay, but also coal mixtures from upper and lower benches and from inter-room pillars. Those mixtures can be, with this method, divided on two types of coal – its quality will be different according to adjustable value of ash. This method can dramatically help with mining in the areas that are destroyed by deep mining and also, valuation of supplies will be better.

In the thesis are also suggestions how to apply this solution in other coal mines in Czech Republic.

**Key words:** *previously deep mining, method of the unitary block, divide the coal flow*

„Prohlašuji, že jsem celou disertační práci vypracoval samostatně, podle pokynů školitele, s použitím uvedené literatury, v souladu se směrnicí děkana č. 1/2010, disertační práce a autoreferát v souladu se Studijním a zkušebním řádem pro studium v doktorských studijních programech Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava.

V souladu s §47a zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů souhlasím s publikováním textu své práce na webové stránce HGF VŠB-TU Ostrava“.

V Ostravě 7. června 2010

Ing. Radovan Zima

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat, Sokolovské uhelné, právní nástupce, a. s. za poskytnutí podkladů pro výzkum, školiteli Prof. Ing. Václavovi Krylovi, CSc., za cenné rady při zpracování této disertační práce. Rovněž děkuji za konzultace Ing. Pavlu Ruckému, Ph.D. a Ing. Františku Bečvářovi.

<b>Abstrakt</b>	<b>1</b>
<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>Obsah</b>	<b>6</b>
<b>Seznam obrázků</b>	<b>8</b>
<b>Seznam tabulek</b>	<b>9</b>
<b>Seznam příloh</b>	<b>12</b>
<b>1. Úvod</b>	<b>13</b>
<b>2. Cíl práce</b>	<b>15</b>
<b>3. Historie dobývání hnědého uhlí v povrchově těžených lokalitách Sokolovské hnědouhelné pánve</b>	<b>16</b>
3.1. Lom Jiří	17
3.2. Lom Družba	18
<b>4. Současný stav dobývání v lomu Jiří</b>	<b>19</b>
4.1. Technologické schéma lomu Jiří	19
<b>5. Současný stav dobývání v lomu Družba</b>	<b>21</b>
5.1. Technologické schéma lomu Družba	21
<b>6. Důsledky hlubinné těžby na lomové dobývání hnědého uhlí</b>	<b>22</b>
<b>7. Analýza stavu zásob v hlubinně přerubaných částech sloje</b>	<b>34</b>
7.1. Analýza závalového procesu	34
7.2. Zrnitostní rozbor uhelné substance	36
7.3. Rozbor množství a kvalitativního složení zbytkových zásob	38
7.4. Stanovení základních rozměrů jednotkového bloku	41
7.5. Výpočet zásob metodou průměrného jednotkového bloku	44
7.5.1. Metoda výpočtu	45
7.5.2. Příklad výpočtu zásob	52
7.6. Dílčí závěr	63
<b>8. Popeloměr jako důležitý komponent rozdělovacího systému</b>	<b>65</b>
8.1. Možnosti nasazení kontinuálních popeloměrů	66
<b>9. Technické řešení rozdělování těživa z částí sloje zasažených předcházející hlubinnou těžbou</b>	<b>68</b>

<b>9.1. Vývoj technického řešení v lomu Jiří</b>	<b>68</b>
<b>9.2. Nové využití vyvinuté technologie</b>	<b>74</b>
<b>9.3. Rozdělování toku uhlí s různou kvalitou</b>	<b>76</b>
<b>9.4. Dílčí závěr</b>	<b>80</b>
<b>10. Nasazení rozdělovacího systému v lomech Jiří a Družba</b>	<b>81</b>
<b>10.1. Lom Jiří</b>	<b>81</b>
<b>10.2. Lom Družba</b>	<b>82</b>
<b>11. Možnosti nasazení v ostatních lokalitách v ČR</b>	<b>85</b>
<b>11.1. Nasazení rozdělovacího systému v lomu Březno-Libouš</b>	<b>85</b>
<b>11.2. Nasazení rozdělovacího systému ve Velkolomu Československé armády</b>	<b>86</b>
<b>11.3. Nasazení rozdělovacího systému v lomu Vršany</b>	<b>86</b>
<b>11.4. Nasazení rozdělovacího systému v lomu Bílina</b>	<b>87</b>
<b>12. Shrnutí</b>	<b>89</b>
<b>12.1. Výhody a ekonomické zhodnocení</b>	<b>89</b>
<b>12.2. Výstupy pro aplikaci</b>	<b>92</b>
<b>12.3. Výstupy pro rozvoj teorie</b>	<b>92</b>
<b>13. Závěr</b>	<b>93</b>
<b>Použitá literatura</b>	<b>95</b>
<b>Seznam vlastních prací vztahujících se k disertační práci</b>	<b>96</b>



## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1</b>	Pozůstatky hlubinné těžby v lomu Družba.	<b>18</b>
<b>Obrázek 2</b>	Část sloje zasažená hlubinnou těžbou metodou komorování na řízený zával v lávkách.	<b>22</b>
<b>Obrázek 3</b>	Zavalené komory v záběru velkostroje.	<b>24</b>
<b>Obrázek 4</b>	Nebezpečná chodba na patě řezu těsně pod pracovní plošinou velkostroje.	<b>27</b>
<b>Obrázek 5</b>	Těžba hořící chodby s výdřevou.	<b>28</b>
<b>Obrázek 6</b>	Odtěžování chodby vyplněné popílkem.	<b>29</b>
<b>Obrázek 7</b>	Obnažená chodba s ocelovou výztuží.	<b>30</b>
<b>Obrázek 8</b>	Důlní vozík vyklizený ze závalu.	<b>30</b>
<b>Obrázek 9</b>	Snímek ze zkoušek separátoru dřeva.	<b>31</b>
<b>Obrázek 10</b>	Voda vytékající ze stařin v záběru velkostroje.	<b>32</b>
<b>Obrázek 11</b>	Diagram zrnitosti vzorků těžných uhlí z rostlé sloje a sloje hlubinně přerubané komorováním na řízený zával.	<b>38</b>
<b>Obrázek 12</b>	Základní rozměry komory.	<b>42</b>
<b>Obrázek 13</b>	Graf variability poměru reziduálních zásob.	<b>43</b>
<b>Obrázek 14</b>	Základní rozměry jednotkového bloku po vydobytí komory.	<b>48</b>
<b>Obrázek 15</b>	Umístění detekční části gamapopeloměru na nakládacím pasu KU 300S.	<b>66</b>
<b>Obrázek 16</b>	Původní rozmístění technologie rozdělování těživa v lomu Jiří.	<b>70</b>
<b>Obrázek 17</b>	Původní umístění popeloměru Enelex u přesypu shazovacího vozu.	<b>72</b>
<b>Obrázek 18</b>	Shazovací vůz SV12 s přemístěným popeloměrem.	<b>73</b>
<b>Obrázek 19</b>	Graf porovnání hodnot obsahu popela naměřených kontinuálním popeloměrem GE 2000 před (Popeloměr) a po úpravě (Ad nová) s vyznačením polohy klapky.	<b>73</b>
<b>Obrázek 20</b>	Schéma nového rozestavení rozdělování těživa.	<b>75</b>
<b>Obrázek 21</b>	Nové nasazení shazovacího vozu SV 22 ve spojení PZV 2500/103.	<b>76</b>
<b>Obrázek 22</b>	Schéma analýzy bloku I. a II. lávky.	<b>77</b>
<b>Obrázek 23:</b>	Schéma analýzy konkrétní komory v těžené sloji.	<b>78</b>
<b>Obrázek 24</b>	Návrh uspořádání rozdělovacího systému pro technologii lomu Jiří.	<b>82</b>
<b>Obrázek 25</b>	Rozdělovací klapky v dopravní technologii lomu Družba.	<b>83</b>
<b>Obrázek 26</b>	Umístění stíracích pluhů v dopravní technologii lomu Březno-Libouš.	<b>86</b>

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1</b>	<b>37</b>
Výsledky třídícího a kvalitativního rozboru vzorku ze sloje nenarušené hlubinnou těžbou.	
<b>Tabulka 2</b>	<b>37</b>
Výsledky třídícího a kvalitativního rozboru vzorku z oblasti narušené hlubinnou těžbou.	
<b>Tabulka 3</b>	<b>39</b>
Příklad výpisu výsledků měření kontinuálních popeloměrů ENELEX na rozdělovacích stanicích.	
<b>Tabulka 4</b>	<b>40</b>
Příklad analýzy výsledků měření pro rozdělovací stanici.	
<b>Tabulka 5</b>	<b>44</b>
Údaje o zásobách ve vytěženém segmentu pro rostlou sloj a standardní, optimální a nepříznivou kombinaci parametrů jednotkového bloku.	
<b>Tabulka 6</b>	<b>53</b>
Výpočet uhelných zásob rostlé sloje - jednotkový blok 4 - 4/I.	
<b>Tabulka 7</b>	<b>54</b>
Výpočet zásob v pilířích - jednotkový blok 4 - 4/I.	
<b>Tabulka 8</b>	<b>54</b>
Výpočet zásob v půdorysu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 4 - 4/I.	
<b>Tabulka 9</b>	<b>54</b>
Výpočet uhelných zásob rostlé sloje - jednotkový blok 4 - 4/II.	
<b>Tabulka 10</b>	<b>55</b>
Výpočet uhelných zásob rostlé sloje - jednotkový blok 5 - 5/I.	
<b>Tabulka 11</b>	<b>55</b>
Výpočet zásob v pilířích - jednotkový blok 5 - 5/I.	
<b>Tabulka 12</b>	<b>55</b>
Výpočet zásob v půdorysu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 5 - 5/I.	
<b>Tabulka 13</b>	<b>55</b>
Výpočet zásob rostlé uhelné sloje - jednotkový blok 6 - 6/II.	
<b>Tabulka 14</b>	<b>56</b>
Výpočet zásob v pilířích - jednotkový blok 6 - 6/II.	
<b>Tabulka 15</b>	<b>56</b>
Výpočet zásob v půdorysu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 6 - 6/II.	

<b>Tabulka 16</b>	<b>57</b>
Výpočet zásob rostlé uhelné sloje - jednotkový blok 7 - 7/I.	
<b>Tabulka 17</b>	<b>57</b>
Výpočet zásob v pilířích - jednotkový blok 7 - 7/I.	
<b>Tabulka 18</b>	<b>57</b>
Výpočet zásob v půdorysu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 7 - 7/I.	
<b>Tabulka 19</b>	<b>58</b>
Výpočet zásob rostlé uhelné sloje - jednotkový blok 7 - 7/II.	
<b>Tabulka 20</b>	<b>58</b>
Výpočet zásob v pilířích - jednotkový blok 7 - 7/II.	
<b>Tabulka 21</b>	<b>58</b>
Výpočet zásob v půdorysu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 7 - 7/II.	
<b>Tabulka 22</b>	<b>59</b>
Výpočet uhelných zásob rostlé sloje - redukovaný jednotkový blok 8 - 8/I.	
<b>Tabulka 23</b>	<b>59</b>
Zásoby tělesa zkušebního bloku KU 300S/39 03/2008 standardní varianta.	
<b>Tabulka 24</b>	<b>59</b>
Výpočet zásob v závalových pilířích po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 4 - 4/I.	
<b>Tabulka 25</b>	<b>60</b>
Výpočet zásob v závalu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 4 - 4/I.	
<b>Tabulka 26</b>	<b>60</b>
Výpočet zásob v závalových pilířích po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 5 - 5/I.	
<b>Tabulka 27</b>	<b>60</b>
Výpočet zásob v závalu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 5 - 5/I.	
<b>Tabulka 28</b>	<b>61</b>
Výpočet zásob v závalových pilířích po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 6 - 6/II.	
<b>Tabulka 29</b>	<b>61</b>
Výpočet zásob závalu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 6 - 6/II.	
<b>Tabulka 30</b>	<b>61</b>
Výpočet zásob v závalových pilířích po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 7 - 7/I.	
<b>Tabulka 31</b>	<b>62</b>
Výpočet zásob v závalu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 7 - 7/I.	
<b>Tabulka 32</b>	<b>62</b>
Výpočet zásob v závalových pilířích po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 7 - 7/II.	

<b>Tabulka 33</b>	<b>62</b>
Výpočet zásob v závalu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 7 - 7/II.	
<b>Tabulka 34</b>	<b>63</b>
Zásoby závalové substance tělesa zkušebního segmentu KU 300S/39 03/2008.	
<b>Tabulka 35</b>	<b>63</b>
Komparace výpočtových metod jednotkového bloku, báňského modelu lomu a provozní evidence těžby segmentu KU 300S/39 03/2008.	
<b>Tabulka 36</b>	<b>79</b>
Autentický záznam z popeloměru, doplněný o barevné označení kvalitativních zón.	
<b>Tabulka 37</b>	<b>89</b>
Plochy stupně přerubání s časovým rozlišením v postupu lomu Jiří do vyuhlení.	
<b>Tabulka 38</b>	<b>91</b>
Předpoklad možností zhodnocení zásob lomu Jiří při využití rozdělovacího systému.	

## Seznam příloh

<b>Příloha A</b>	Schéma pásové dopravy lomu Jiří.	<b>97</b>
<b>Příloha B</b>	Schéma kolejové a pásové dopravy lomu Družba.	<b>98</b>
<b>Příloha C</b>	Křivka hmotnostního zastoupení vrstev.	<b>99</b>
<b>Příloha D</b>	Výsek provozní mapy v měřítku 1:500 s vyznačeným segmentem.	<b>100</b>
<b>Příloha E</b>	Mapa segmentu s rozdělením linií a bloků.	<b>101</b>
<b>Příloha F</b>	Technologický a geologický profil průzkumného vrtu JP 498.	<b>102</b>
<b>Příloha G</b>	Protokol z výpočtu zásob zájmového bloku báňským modelem.	<b>103</b>
<b>Příloha H</b>	Vertikální řez 1 – 1' v měřítku 1:500.	<b>104</b>
<b>Příloha I</b>	Vertikální řez 2 – 2' v měřítku 1:500.	<b>105</b>
<b>Příloha J</b>	Vertikální řez 3 – 3' v měřítku 1:500.	<b>106</b>
<b>Příloha K</b>	Vertikální řez 4 – 4' v měřítku 1:500.	<b>107</b>
<b>Příloha L</b>	Vertikální řez 5 – 5' v měřítku 1:500.	<b>108</b>
<b>Příloha M</b>	Vertikální řez 6 – 6' v měřítku 1:500.	<b>109</b>
<b>Příloha N</b>	Vertikální řez 7 – 7' v měřítku 1:500.	<b>110</b>
<b>Příloha O</b>	Vertikální řez 8 – 8' v měřítku 1:500.	<b>111</b>
<b>Příloha P</b>	Schéma pásové dopravy lomu Družba.	<b>112</b>
<b>Příloha Q</b>	Návrh nasazení rozdělovacího systému v lomu Březno-Libouš.	<b>113</b>
<b>Příloha R</b>	Návrh nasazení rozdělovacího systému v lomu ČSA.	<b>114</b>
<b>Příloha S</b>	Návrh nasazení rozdělovacího systému v lomu Bílina.	<b>115</b>

## 1. Úvod

Uhlí představuje stále jeden z nejvýznamnějších zdrojů energie. Díky nevyjasněné energetické politice státu lze očekávat, že tomu tak bude i v dalších letech. Zásoby černého i hnědého uhlí v České republice ubývají a jejich kvalita se zhoršuje. Velký počet důlních provozů byl uzavřen v průběhu devadesátých let minulého století a zbývající doly a lomy rychle spějí ke svému vyuhlení.

Nerozhodnost představitelů státu a nevyjasněná koncepce energetické politiky státu může mít fatální důsledky na palivoenergetickou situaci v zemi. Pokud dojde k příklonu politiků k jaderné energii, jak naznačují poslední úvahy, pak je útlum uhelného hornictví logickým krokem. S výstavbou nových jaderných bloků je třeba ovšem začít neprodleně, aby včas nahradily dožívající uhelné zdroje elektrické energie. Při zavržení jaderné energie je nutné opět otevřít otázku prolomení limitů těžby hnědého uhlí, protože obnovitelné zdroje pokryjí spotřebu elektrické energie pouze v jednotkách procent. Při současném nerozhodném stavu, který trvá již několik let, dospěje Česká republika do závislosti na zahraničních zdrojích energetických surovin nebo elektrické energie se všemi důsledky.

Situace na lomech Sokolovské uhelné, právní nástupce, a.s. (dále jen Sokolovská uhelná) je obdobná jako u zbývajících hnědouhelných lomů v České republice. V průběhu devadesátých let minulého století byly uzavřeny lomy v západní části sokolovského revíru a nyní se zde provádí sanace, rekultivace a revitalizace území. V provozu zůstávají pouze dva lomy ve východní části. Jsou to lomy Jiří a Družba.

Životnost obou lomů je nyní odhadována do roku 2030 až 2032. Kvalita disponibilních uhelných zásob se v důsledku přerubání hlubinným dobýváním výrazně zhoršuje. V důsledku toho byla v loňském roce ukončena výroba hrubých druhů tříděného paliva, dochází k ukončování smluv na dodávky nejkvalitnějšího uhlí (ekologické palivo), v letošním roce dojde k ukončení výroby briket. Sokolovská uhelná vyjednává se svými odběrateli o nových parametrech kvality uhlí a zavádí opatření k prodloužení životnosti zpracovatelské části. Mezi ně patří přestavba briketárny na výrobu multiprachy, spuštění hořákového generátoru na výrobu energoplynu a dostavba dalšího stupně odsíření.

V loňském roce došlo k velkému sesuvu skrývkových hmot založených na vnitřní výsypce lomu Jiří. Sesuv zasáhl a zablokoval část uhelných zásob sousedního lomu Družba. To definitivně podpořilo úvahy o jeho zastavení. Lom Družba bude během několika příštích let uzavřen a v sokolovském revíru tak zůstane v provozu pouze lom Jiří. V jeho dalším

postupu dojde ke zhoršení báňskotechnologických podmínek. Sniží se mocnost sloje, budou přibývat polohy zasažené předcházející hlubinnou těžbou, zvýší se obsah síry v dobývaném uhlí i výskyt tvrdých poloh. Rozhodující význam na dobývání uhlí a celkovou výkonnost lomu Jiří bude mít udržení relativně vysokého počtu velkostrojů, důsledná selektivní těžba a rozdělování toku těživa v důsledku významného nárůstu těžby uhlí z přerubaných poloh.

## 2. Cíl práce

V oboru lomového dobývání hnědého uhlí pracuji přes dvacet let. Bezmála deset let se zabývám problematikou těžby hnědého uhlí ze sloje zasažené bývalou hlubinnou těžbou. Od roku 2000 jsem se společně s pracovníky Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí v Mostě (dále jen VÚHU) a Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava (dále jen VŠB – TUO) aktivně podílel na řešení několika výzkumných úkolů, zaměřených na problematiku těžby hnědého uhlí ze sloje zasažené bývalou hlubinnou těžbou. Společně jsme řešili výpočet množství a kvality uhelných zásob ve sloji zasažené předcházející hlubinnou těžbou v lomu Jiří a technické možnosti vydělování odklizu ze závalem postižené části sloje. Teoreticky navržené technické řešení jsem za pomoci svých spolupracovníků zavedl do praxe a dále zdokonalil.

Cílem disertační práce je navrhnout automatický rozdělovací systém, který by umožňoval optimalizaci těžebních podmínek a toku těživa z oblasti zasažené bývalou hlubinnou těžbou a lepší kvalitativní využití zásob, přestože jsou výrazně znehodnoceny předcházejícím hlubinným dobýváním. Vhodným umístěním rozdělovacího systému do dopravní technologie uhelného lomu lze částečně vydělovat zpět jednotlivé kvalitativní druhy uhlí ze závalem nebo tektonickými pohyby promíchaných částí sloje, a tak lépe zhodnocovat vytěžený materiál. Návrh řešení jsem aplikoval na podmínky lomu Jiří.

**Hlavní cíl jsem rozdělil do dvou dílčích úkolů:**

- analýza stavu zásob v hlubinně přerubaných částech sloje**
- technické řešení rozdělování těživa z částí sloje zasažených předcházející hlubinnou těžbou**



### **3. Historie dobývání hnědého uhlí v povrchově těžených lokalitách Sokolovské hnědouhelné pánve**

Při posuzování těžebních podmínek daných dobýváním sloje zasažené předešlou hlubinnou těžbou je důležité znát historii daného dobývacího prostoru, použité metody dobývání a hranice zasažení ložiska hlubinnou těžbou.

Sokolovská hnědouhelná pánev se rozkládá na území cca 200 km<sup>2</sup>. Pánev je ze severu omezena krušnohorským zlomem na úpatí Krušných hor, na jihu oháreckým zlomem na severním úpatí Slavkovského lesa. Rozprostírá se od Chlumu Sv. Maří na západě až po Sadov na východě. Sokolovská pánev se dělí na západní a východní část a karlovarskou část.

K masivnějšímu rozvoji těžby hnědého uhlí na Sokolovsku dochází na přelomu 19. a 20. století, jde především o dobývání hlubinné. Jako dobývací metoda se nejdříve používalo chodbicování, později pilířování a komorování na řízený zával. Chodbicování bylo laciné. Při této metodě byly nízké náklady na výdřevu, ale výrubnost byla velmi nízká. Dosahovala stěží 30% zásob. Stále vyšší poptávka po uhlí vedla k hledání jiných způsobů těžby, které by umožnily lépe vyrubat uhelnou sloj, a dříve tak umoznit vložený kapitál. Rychlý postup do větších hloubek k vyšším mocnostem slojí vedl k lepším znalostem v ovládání závalu, ve větrání a výztuži důlních děl. Tyto znalosti vedly k záměně chodbicování na pilířování. S rozšířením používání trhacích prací v hlubinných dolech se ještě před první světovou válkou začalo používat komorování na řízený zával na plnou mocnost sloje, později u slojí mocných více jak 10m komorování na řízený zával v lávkách. Zavedení tohoto způsobu dobývání vedlo ke zvýšení výrubnosti na 40 až 42%.

Po druhé světové válce dochází v sokolovském revíru k poměrně rychlému přechodu na dobývání lomové. V západní části byly díky nižšímu příkryvnému poměru lepší podmínky pro velkolomovou těžbu, proto se tato část revíru rozvíjela po roce 1945 dynamičtěji. Ve 40. až 50. letech minulého století vznikají velkolomy Sylvestr, Medard, Dukla. Uhlím z těchto lomů byla zásobována nová třídírna a briketárna i elektrárna v Tisové u Sokolova. V průběhu 90. let minulého století byla těžba uhlí v západní části postupně utlumována. Nejdéle byl provozován lom Medard, kde byla těžba ukončena v roce 2003. Nyní v této části revíru probíhají sanace, rekultivace a revitalizace území.

Rozvoj východní části sokolovského revíru byl do roku 1955 nesrovnatelně pomalejší. I ve východní části se postupovalo cestou omezování hlubinné těžby a přechodu na lomové

dobývání. V další části textu zmiňuji hlubinné doly, jejichž těžba zasahovala do dobývacích prostorů provozovaných lomů Jiří a Družba.

### **3.1. Lom Jiří**

#### **Důl Jednota ve Vintířově**

Předchůdcem dolu Jednota byl důl Union II. K jeho otvírce došlo v roce 1897. Na Důl Jednota byl přejmenován v roce 1949. Těžilo se ze sloje Josef, mocné 2 až 6,5m. Těžba probíhala pilířováním na řízený zával v jedné lávce. V roce 1953 došlo k uzavření dolu.

#### **Důl Jiří v Lomnici**

Nejdříve se v letech 1918 až 1933 těžilo lomovým dobýváním. Později v letech 1923 až 1967 byl důl provozován jako hlubinný. Těžila se sloj Antonín, 4 až 24m mocná. Těžba probíhala komorováním na zával ve 3 lávkách 8m mocných. Tento důl dosahoval trvale nejvyšších výkonů ze všech hlubinných dolů v republice, a to 4,8 tuny uhlí na hlavu a směnu. Důl Jiří byl po vyuhlení v roce 1967 uzavřen. Důl sousedil na východě s dolovým polem hlubinného dolu Marie.

#### **Důl Marie v Královském Poříčí**

Nejdříve se vyhloubila jáma Marie I, určená pro těžbu sloje Antonín. Později byla vyhloubena jáma Marie II pro těžbu kvalitnější sloje Josef. Těžba nejprve probíhala pilířováním na zával, později se přešlo na komorování na řízený zával lávkách. Kvůli častým průvalům termálních vod byla těžba ve sloji Josef zakázána revírním báňským úřadem a obě jámy sloužily pro těžbu sloje Antonín. Důlní pole bylo ohraničeno na jihu výchozem sloje Antonín, na západě polem dolu Jiří, na severu grassetskou poruchou a na východě polem dolu Jednota a 25.únor. V roce 1949 byl důl přejmenován podle své patronky, spisovatelky Marie Majerové. Provozně i sociálně patřil vždy k nejlepším hlubinným dolům v revíru. Sloj Antonín o mocnosti 24 až 26 m se dobývala komorováním na řízený zával ve třech lávkách. Těžba uhlí byla od roku 1976 vedena nově vyraženou spojovací pásovou chodbou na třídírnu bývalého hlubinného Dolu Jiří v Sokolově. Pásová doprava nahradila malokapacitní lanovkovou dopravu. Tlakově exponovaná dlouhá díla byla vyztužena ocelovou výztuží. Při otvirkách nových revírů se při ražení části chodeb používalo i razících kombajnů. Důl byl uzavřen v roce 1991 [1].

### 3.2. Lom Družba

Důl 25. únor v Novém Sedle.

Důl byl založen v roce 1907 pod názvem Kaiser. V průběhu 20. století několikrát změnil název. Nejprve na Konkordia, později Truman, pak Svornost a v roce 1952 byl přejmenován na Důl 25. únor. Těžilo se komorováním na řízený zával, s dopravou uhlí z porubů žlaby a dále lanovkami. Důlní pole hlubinného dolu bylo vymezeno na severu novosedelskou poruchou, na západě dolovým polem dolu Marie, na jihu výchozem sloje a na východě lomem 25. únor. V celé ploše jsou vyvinuty sloje Antonín i Josef, ale předmětem exploatace byla pouze sloj Antonín. Dobývání ve sloji Josef bylo zakázáno výnosem revírního báňského úřadu již v roce 1908, a to kvůli ohrožení lázeňských pramenů v Karlových Varech a po zkušenostech s průvaly vod na dole Marie. Důl 25. únor byl uzavřen v roce 1959. Před uzavřením se těžilo ve 3 lávkách 8m mocných komorováním na řízený zával ve sloji Antonín. Pozůstatky hlubinné těžby v lomu Družba jsou patrné z obrázku 1.



*Obrázek 1 Pozůstatky hlubinné těžby v lomu Družba.*

#### **4. Současný stav dobývání v lomu Jiří**

Těží v dobývacím prostoru Alberov a Královské Poříčí. Předchůdcem dnešního lomu Jiří byl lom Jednota u obce Vintířov, kde se začalo s těžbou uhlí na počátku 50. let minulého století. V rámci příprav na výstavbu velkého palivového kombinátu v nedaleké obci Vřesová bylo rozhodnuto o přestavbě lomu Jednota na velkolom Jiří. Její hlavní část proběhla v 60. letech minulého století. Postupně byl lom dovybavován moderní technologií.

V současné době překročila porubní fronta v jižní části lomu tzv. grassetskou poruchu a lom začíná přetěžovat dolové pole bývalého lomu Marie Majerová. Na severu se porubní fronta přiblížila k dolovému poli bývalého lomu Lomnice. Při předpokládané roční výši těžeb okolo 7 mil. t byla původní životnost lomu Jiří stanovena do roku 2025. Po přehodnocení způsobu vydobyví ložiska bylo rozhodnuto, že lom Jiří přetěží dolové pole lomu Družba. Tím se jeho životnost prodloužila na roky 2030 až 2032. Uhlím z lomu Jiří je zásobován především palivový kombinát ve Vřesové a elektrárna v Tisové u Sokolova.

##### **4.1. Technologické schéma lomu Jiří**

První čtyři skrývkové řezy lomu Jiří jsou dobývány technologickými celky TC 2. Soustava pásových dopravníků technologického celku TC 2/1, který dobývá první dva skrývkové řezy, je vedena po severních svazích lomu. Pásové dopravníky TC 2/2 stojí na jižních svazích lomu. Jako dobývací stroje jsou na skrývce využívány velkostroje KU 800, šíře pásových dopravníků je 1800 mm a k zakládání jsou používány zakladače ZP 6600. Skrývka je zakládána pouze na vnitřní výsypku lomu.

Technologický celek TC 1 má obdobné schéma jako technologické celky TC 2. Má uspořádání dobývací stroj – pásové dopravníky – zakladač a severní a jižní větev na vnitřní výsypku. Jako dobývací stroje jsou využívány tři velkostroje KU 300S, šíře pásových dopravníků je 1600mm a k zakládání jsou používány dva zakladače ZP 2500. Technologický celek TC 1 těží v 6. až 8.skrývkovém řezu lomu Jiří. Všechny tyto řezy jsou smíšené.

Ve třech uhelných řezech je nasazeno celkem 5 kolesových rýpadel KU 300S. Systém technologie těžby uhlí lomu Jiří není kontinuální jako u skrývky, ale je závislý na přístavbě vozů. Na dobývací stroj navazuje soustava pásových dopravníků, jejichž šíře je různá a závisí na sklonu a rychlosti pásového dopravníku. Každý ze tří uhelných řezů je osazen systémem porubních pásových dopravníků, které prostřednictvím pásových vynášecích mostů navazují na čtyři pásové odtahové linky. Uhlí je dopravováno od vynášecích mostů přes čtyřcestné

rozdělovací vozy (tzv. R-vozy), po dvou trasách. Každou trasu tvoří dvě odtahové linky, složené z navazujících pásových dopravníků šíře 1400 mm, v úsecích překonávajících velké převýšení jsou dopravníky šíře 1600 mm. Obě trasy končí na nakládacích stanicích NS II a NS IIa, kde se uhlí nakládá do vozů a vlakových souprav pro jednotlivé odběratele. Na obou trasách jsou vybudovány drtiče s možností obchvatu. Drtiče jsou do technologického procesu nasazovány podle požadavků odběratelů.

Velkou nevýhodou technologie těžby uhlí lomu Jiří je přímé napojení velkostrojů na nakládací stanice. Technologie lomu nedisponuje žádnou homogenizační skládkou ani zásobníky. Součástí technologie je pouze malá meziskládka na 100 tis.tun uhlí, jejíž technologické vybavení neumožňuje homogenizaci ani výkony odpovídající zbytku technologie. Skládka se nazývá terminál uhelného meziproduktu (TUM). Součástí technologie terminálu uhelného meziproduktu je shazovací vůz SVZ1800, dva kolesové nakladače SRs280 a pásové dopravníky, umožňující odtah uhlí z hlavních sběrných linek na TUM, ale i nakládku uhlí ze skládky zpět na hlavní odtahy. Schéma systému dálkové pásové dopravy lomu Jiří je v příloze A.

## 5. Současný stav dobývání v lomu Družba

Těží v dobývacím prostoru Nové Sedlo, Alberov a Královské Poříčí. Rozsáhlejší lomová těžba započala mezi obcemi Nové Sedlo a Chranišov na přelomu 19. a 20. století. Lom se nazýval Kaiser. V průběhu 20. století byl lom několikrát přejmenován. Nynější název Družba získal v roce 1962. K prvnímu velkému zkapacitnění lomu došlo v 60. letech minulého století. Druhá etapa proběhla v 80. letech, kdy byl lom vybaven stávající technologií. Kvůli jeho rozšíření musela být likvidována část obce Nové Sedlo a provedena přeložka trati Královské Poříčí-Chodov.

Lom Družba je v současnosti nejmenší provozovaný hnědouhelný lom v ČR a zároveň je jediný, kde se využívá kolejová dopravní technologie. Při předpokládané roční výši těžeb do 2 mil. t měl původní životnost do roku 2036. Jak jsem zmínil v úvodu, je rozhodnuto o jeho zastavení a jeho dolové pole bude přetěženo lomem Jiří. Uhlím z lomu Družba jsou zásobovány menší tepelné zdroje, především v západní části ČR.

### 5.1. Technologické schéma lomu Družba

Těžba skrývky probíhá na dvanácti skrývkových řezech za pomoci kolejové i pásové dopravní technologie. V těžbě odklizu jsou nasazena dvě rýpadla K800, dvě KU300S a dvě lopatová rýpadla E 2,5. Skrývka je dopravována kolejovými soupravami na vnitřní výsypku lomu, kde je nasazen zakladač Z1650, na vnitřní výsypku lomu Jiří, kde je nasazen zakladač ZD2000, nebo na vnější výsypku Smolnice, kde je nasazen zakladač ZD2000. Část skrývkových hmot je ukládána kolejovým zakladačem ZP 1650 do zbytkové jámy bývalého lomu Medard – Libík, kde vzniká jezero Medard. Z posledních dvou skrývkových řezů je odkliz dopravován pásovou dopravní technologií na vnitřní výsypku lomu. Pásové dopravníky mají šíři 1400 mm a odkliz je zakládán zakládacím pásovým vozem.

Těžba uhlí je zajišťována ze tří uhelných řezů dvěma velkostrojemi KU300/S a jedním lžicovým rýpadlem E2,5 s drtičem na podvozku E2,5. Z porubních pásových dopravníků je uhlí dopravováno přes stacionární PVZ na sběrné dopravníky a přes drtící stanice na nakládací stanice NS I a NS II. Odtud je uhlí dopravováno po kolejích k jednotlivým odběratelům. Také lom Družba je vybaven terminálem uhelného meziprojektu (TUM). Ukládání je prováděno s využitím teleskopické svodky (omezení úletu prachových částic) a těžba je zajištěna kolesovým nakladačem KN160. Schéma systému kolejové a dálkové pásové dopravy lomu Družba je v příloze B [2].

## 6. Důsledky hlubinné těžby na lomové dobývání hnědého uhlí

Všechny hnědouhelné společnosti v České republice se při lomové těžbě potýkají s následky bývalé hlubinné těžby. V celosvětovém měřítku je to však ojedinělý jev. Tento specifický problém výrazně ovlivňuje výkony, ekonomiku a bezpečnost jednotlivých důlních provozů.

Hlavní dobývací metodou hnědouhelných hlubinných dolů bylo komorování na řízený zával, původně s ručním nakládáním do důlních vozíků a s centrální dopravou důlními lanovkami. V polovině 50. let minulého století byly prakticky všechny doly vybaveny mechanizací a pásovými a žlabovými dopravníky. Nová technika umožnila realizovat otvirkové a porubní práce i v nejspodnějších částech uhelné sloje. Plochy, považované dříve za vyrubané, byly znovu otevírány v nižším horizontu podsednutím starých komor s cílem zvýšení výrubnosti uhelné sloje. Používání pásové dopravy si vynutilo i změnu původního zakládání komor na kříži chodeb na komorové dobývání v pruzích na řízený zával, kdy jednotlivé komory byly zakládány v separátně ovětrávaných chodbách, ražených v délce 60 až 80 m kolmo k porubní základně.

Důsledky hlubinného dobývání komorováním na řízený zával se projevují jednak v terénu vznikem prohlubní, tzv. "pinek", většinou zatopených vodou, ale zejména na velkolomech ve sloji výskytem hlušiny z nadloží komor v porubní frontě uhelných řezů (výkliz), doprovázené často důlními zápary a požáry z rozdrčeného uhlí.

Základní problémy, vyplývající z lomové těžby slojí narušených předcházející hlubinnou těžbou, se rozlišují do několika skupin. Zásadní je, že všechny tyto negativní vlivy na sebe navazují a působí najednou. Se všemi těmito problémy se potýká i lom Jiří, Sokolovské uhelné, právní nástupce, a.s. Na jeho příkladu chci popsat konkrétní negativní vlivy.

Lom Jiří se aktuálně nachází v dobývacím prostoru bývalého hlubinného dolu Marie Majerová. V tomto dole probíhala těžba komorováním na řízený zával v lávkách. To znamená, že se nyní v záběrech velkostrojů při lomovém dobývání objevují pozůstatky závalového procesu (*obr. 2*). Hlubinnou těžbou jsou zasaženy poslední dva skrývkové a první dva uhelné řezy. Staré důlní mapy i geologický průzkum naznačují, že se tento problém bude ještě více prohlubovat. **Po roce 2011 bude bývalou hlubinnou těžbou zasaženo až 80% uvolněných zásob. Tímto jevem bude postižen i třetí uhelný řez lomu Jiří s nejméně kvalitním uhlím a tento stav potrvá až do vyuhlení lomu.**



**Obrázek 2** Část sloje zasažená hlubinnou těžbou metodou komorování na řízený zával v lávkách.

Těžba v závalových polích s sebou přináší specifické problémy, které není nutné při těžbě v panenské sloji řešit. Mezi ně patří:

- úbytek zásob uhelné substance – řešení ve výpočtu zásob
- přestrukturování uhelné sloje z hlediska kvality – řešení ve výpočtu zásob
- narušení homogenity nadloží procesem zavalování
- zhoršení průměrné kvality uhelných zásob a jejich zrnitostního složení – řešení ve výpočtu zásob
- zhoršení technologických podmínek lomového dobývání.

Prof. Ing. Václav Kryl, CSc. rozděluje hlavní problémy lomového dobývání ve slojích přerubaných předešlou hlubinnou těžbou do následujících skupin [3]:

#### 1) Nerovnoměrnost objemů a kvality

Následkem dřívější hlubinné činnosti a zavalováním vyrubaných prostor došlo k promísení vrstev uhlí mezi sebou nebo s nadložními horninami. Vydobytí části uhelné substance hlubinnou těžbou způsobilo nejen faktický úbytek zásob, ale i přestrukturování vlastní dobývané sloje a narušení homogenity nadloží v procesu zavalování. Negativní důsledky dřívější hlubinné těžby spočívají především ve zhoršení průměrné kvality těženého uhlí vyrubáním nejkvalitnějších poloh slojí a ve zvýšení lomových ztrát uhelné substance (obr. 3).



Pro lom Jiří je tento problém velmi aktuální. **V příštích letech zasáhnou přerubané polohy do všech uhelných řezů a bude velmi obtížné udržet výkon lomu i kvalitu dodávaného uhlí na současné úrovni.**



***Obrázek 3** Zavalené komory v záběru velkostroje.*

## 2) Nebezpečí propadnutí strojů nebo lidí

Hlubinné dobývání uhelných slojí znamená zhoršení báňsko-technologických a technických podmínek pro lomové dobývání. V hlubinně narušených dolových polích zůstala celá řada prostorových i dlouhých děl nezavalena. Přestože má Sokolovská uhelná k dispozici poměrně přesnou mapovou dokumentaci bývalého dolu Marie, nelze nebezpečí vyvolané nezavalenými důlními díly podceňovat. Některá původně menší díla se během času rozšířila působením seismických otřesů a především šířením zápar a ohňů. Takové dutiny nejsou zakresleny v původních důlních mapách. **V blízkosti všech nezavalených důlních děl vzniká potenciální nebezpečí zaboření nebo propadnutí dobývacích strojů a pomocné mechanizace. Propadnutím do starých důlních děl jsou ohroženi také lidé pracující v jejich blízkosti.** Tato skutečnost si vyžaduje při dobývání v závalových polích provádění důsledného a finančně nákladného průzkumu nezavalených dutin a prostorů a zavádění přísných bezpečnostních opatření. Tato opatření jsem spoluvytvářel a dohlížím na jejich dodržování. Mezi základní bezpečnostní opatření užívaná v lomu Jiří patří:

- a) Velkostroje ani pomocné mechanismy nesmí být v přerubaných partiích odstavovány do ročních revizí ani zde nesmějí být prováděny jiné opravy než takové, které umožní pokračovat v určené práci.
- b) Technický dozor zodpovídá za to, že se s příslušnými předpisy seznámí všichni pracovníci, kteří jsou určeni pro práci v závalových polích a oblastech podzemních důlních děl.
- c) Neoznačená ústí důlních děl, propadliny v plánech řezů, zápary nebo oheň je povinen každý pracovník okamžitě po jejich zjištění hlásit svému nadřízenému.
- d) Vedoucí pracovníci zodpovídají za sjízdnost příjezdových cest pro vozidla ZBZS, hasičů a vozidel určených pro pomoc postiženým pracovníkům do přerubaného území.
- e) Mapy s údaji o hlubinných dílech musí být doplňovány o nově zjištěné skutečnosti.
- f) Na každém dobývacím stroji, který těží v podrubaném území, musí být umístěn výsek z mapy se zakreslením všech známých podzemních děl.
- g) Vybavení velkostroje, který pracuje nad podrubáním územím, musí být mimo základního vybavení pro příslušný typ stroje navíc k dispozici:
  - kovový žebřík nejméně 6 m dlouhý
  - konopné lano nejméně 10 m dlouhé (nebo z jiného adekvátního materiálu)
  - alespoň dva sebezáchranné přístroje (prokazatelné poučení o zacházení s těmito přístroji každé 2 roky)
  - prostředky pro označení zjištěných podzemních děl a dutin
  - přenosné hasicí přístroje v počtu o 50 % převyšujícím základní vybavení velkostroje
- h) Technický dozor rozhodne o kontrole výšky stropu nad podzemní dutinou nebo starou důlní chodbou (dále jen sonda) co do četnosti a způsobu provádění. Kontrola výšky stropu může být prováděna:
  - lžicovým rypadlem
  - vrtačkou
  - kolesem velkostroje

- i) Sonda musí být minimálně 3 m hluboká, pokud se zjišťuje důlní dílo podélného směru se směrem pojíždění kolesového rypadla, a nejméně 2 m hluboká, pokud se jedná o chodbu kolmou ke směru pohybu velkstroje. V místech s chybějící mapovou dokumentací starých důlních děl (rizikové území II.) musí být prováděny pro zajištění zvýšené bezpečnosti při těžbě a pohybu osob sondy min. do hloubky 4 m. Záznam o provedené sondě s výsledkem запиše řidič velkstroje do Provozního deníku stroje.

Sondou vytvořená dutina nebo nalezená chodba pak musí být zahrnuta nebo zasypána tak, aby bylo zajištěno bezpečné pojíždění stroje. Do otevřených podzemních prostorů je zakázáno vstupovat jiným pracovníkům než členům ZBZS. Zahrnování otevřené dutiny nebo důlního díla musí být prováděno za stálého dozoru, který provádí směnový mistr, řidič velkstroje.

- j) Transporty velkstrojů přes podrubané území mohou být prováděny pouze v nezbytných případech. V technologickém postupu pro transport velkstroje přes přerubané území musí být určen způsob zabezpečení proti propadnutí do podzemního důlního díla.

Sokolovská uhelná dále zavedla systém preventivního určování rizikových území a míst na základě měřičské dokumentace. Na vzniku tohoto systému jsem se aktivně podílel. Na základě výsledků šetření smrtelných pracovních úrazů v povrchových dolech, dále pak na základě Opatření ČBÚ „Prevence proti propadnutí do opuštěných důlních děl“ č.j. 4113/III/04 ze dne 9. 12. 2004, Protokolu OBÚ ze dne 20. 1. 2005 pod č.j. 209/450/05 a Rozhodnutí OBÚ č.j. 209/450/Ing.Ma/05 ze dne 20. 1. 2005 a Rozhodnutí OBÚ v Sokolově pod č.j. 3063/450/Ing.Ma/07 jsou pracovníci lomu Jiří povinni dodržovat jednotné organizační zásady pro činnost a pohyb osob a pomocné mechanizace na rizikových územích. Za dodržování těchto zásad opět zodpovídám.

Riziková území jsou rozdělena na:

- rizikové území č. I – se známou mapovou dokumentací
- rizikové území č.II – bez mapové dokumentace
- rizikové místo – zvláště nebezpečná důlní díla (svislá důlní díla, kříže chodeb, apod.)

Mapová dokumentace měsíčních technických režimů pro riziková území musí obsahovat popis rizikového území (případně rizikového místa), vyznačení průběhu důlních

chodeb, určení problematiky důlních objektů (kříže chodeb, hlavní dopravní chodby, nadrozměrná důlní díla, jámy všeho druhu, šibíky, komíny atd.).

Textová dokumentace měsíčních technických režimů musí obsahovat samostatnou kapitolu zaměřenou na těžbu velkstrojů v rizikovém území, popis rizikových území a rizikových míst a stanovisko hlavního důlního měřiče k situaci důlních děl [4]. Příklad nebezpečného důlního díla je na obrázku 4.



**Obrázek 4** *Nebezpečná chodba na patě řezu těsně pod pracovní plošinou velkstroje.*

### 3) Vznik zápar a ohňů

Hnědé uhlí je velmi náchylné k samovznícení, zejména po zvětšení oxidační plochy podrcením a rozrušením. Narušení celistvosti sloje hlubinným dobýváním je právě oním rozrušením, které k vzniku často i rozsáhlých požárů iniciovaných samovznícením napomáhá. Tyto požáry se mohou vytvářet nejen v otevřené lomové stěně a její bezprostřední blízkosti, ale také v hloubce pole, pokud bude umožněna komunikace vzdušnin otevřenými důlními díly.

Závalová pole jsou prostoupěna řadou důlních děl a trhlin jakoby zakonzervovaných v narušeném masívu. Při jejich otevření lomovou porubní frontou dochází k prudkým změnám prostředí uvnitř uhelné sloje, způsobeným vnikáním vody a vzduchu. **Zvětralá uhelná substance se začíná okysličovat a nastávají podmínky k samovznícení uhlí.**

**V důsledku toho dochází ke vzniku zápar a požárů.** Tyto jevy pak vedou ke zhoršení pracovního a životního prostředí a ke ztíženým podmínkám při dobývání, jak je patrné z obrázku 5. Znamenají i další ztrátu uhelné substance.



**Obrázek 5** *Těžba hořící chodby s výdřevou.*

Likvidace ohňů a zápar přináší další nákladná a báňsko-technologicky složitá opatření. V lomu Jiří se zmáháním ohňů a zápar zabývá specializovaná skupina pracovníků. V každé směně je 4 až 5 hlubinářů-ohňářů, kteří se kromě hašení zápar a ohňů zabývají i likvidací starých důlních děl a prováděním ověřovacích sond před postupem velkostrojů a v rizikových územích. K dispozici mají terénní nákladní autocisternu, dozér a hydraulické lopatové rýpadlo s dlouhým ramenem.

Jako preventivní opatření před vznikem ohňů a zápar se v lomu Jiří osvědčilo plavení chodeb elektrárenským popílkem. Před odtěžováním částí řezu s předpokládaným výskytem hořících chodeb se v předstihu provede z hlavy řezu série vrtů v křížení chodeb. Do vrtů se naplaví směs vody s popílkem. Touto směsí se naplní každý vrt. Voda se zbytky sádrovce v popílkem zajistí potřebné nabobtnání a vytvrdnutí. Tak se vyplní všechny dutiny a zabrání se přístupu kyslíku při odtěžování chodby. Řádně vyplněná chodba nehoří. Negativním důsledkem je, že se popílek musí selektivně odtěžit jako odklíz. Při odtěžování proschlého popílkem se výrazně zvyšuje prašnost, jak je patrné z obrázku 6.





**Obrázek 6** Odtěžování chodby vyplněné popílkem.

#### 4) Cizí předměty

Dalším potenciálně nebezpečným jevem, který je specifický pro lomové dobývání hlubinně přerubaných uhelných slojí, je velký výskyt cizích předmětů v těžené substanci. Jsou to zbytky nevyklizeného strojního zařízení, zanechaná stará důlní výztuž, zděné či betonové důlní objekty apod. (příklady na obrázku 7 a 8). **Tento materiál je zdrojem poruch a havárií dobývací a dopravní technologie. Jeho odstraňování ze záběrů dobývacích strojů i z dopravních tras znamená opět zvýšení nákladů na těžbu v závalových polích.** Proto je hlavním úkolem maximálně zabránit proniknutí tohoto materiálu na velkostroj nebo dále do další technologie.



**Obrázek 7** Obnažená chodba s ocelovou výztuží. Nad ní v řezu je chodba vyplněná popílkem.



**Obrázek 8** Důlní vozík vyklizený ze závalu.

Odstraňování dosažitelných zbytků materiálu po hlubinné činnosti před postupem velkostroje v lomu Jiří opět provádí skupina hlubinářů. Při samotné těžbě vybírá cizí předměty osádka velkostroje. Dále je technologie dálkové pásové dopravy (dále jen DPD) vybavena systémem separátorů železa a ve stádiu zkoušek je i separátor dřeva (*Obr. 9*), na jehož vývoji se také podílím.



*Obrázek 9 Snímek ze zkoušek separátoru dřeva.*

#### 5) Trhliny v nadloží

Nepříznivé důsledky hlubinného dobývání se neprojevují pouze při vlastní těžbě uhelné substance, ale i při těžbě skrývkových hmot v nadloží. V oblastech předchozí hlubinné činnosti došlo k porušení nadložního masívu. **Nadložní vrstvy v závalových polích jsou prostoupeny soustavou zlomů a trhlin, které se vytvořily v důsledku zavalování vyrubaných prostor. Taková místa v nadloží jsou náchylná ke skluzům, kterými jsou ohroženy dobývací stroje, pomocná mechanizace i lidé.** Jediná prevence proti vážným haváriím v těchto skluzových pásmech je přísné dodržování bezpečnostních předpisů a technologických postupů, aby v případě sesuvu došlo k co nejmenším škodám.

#### 6) Narušení hydrogeologických poměrů

Hlubinnou těžbou dochází k narušení původních hydrogeologických struktur a k vytvoření nových struktur a komunikací (*Obr. 10*) **Narušený horninový masív je snadno prostupitelný pronikající povrchovou vodou, která se kumuluje ve stařinách. Vznikají tak nové zvodnělé horizonty, které dále ztěžují těžbu v závalových polích.** Situace Sokolovské uhelné je v tomto ohledu ještě složitější. Stará důlní díla tu mohou být napájena také termální vodou z minerálních pramenů, které se nacházejí v blízkosti ložiska. Proudění



minerálních vod je monitorováno systémem vrtů. Na důlní činnost a ochranu přírodních léčivých zdrojů lázeňského města Karlovy Vary dohlíží Český inspektorát lázní.



**Obrázek 10** *Voda vytékající ze stařin v záběru velkostroje.*

Hlavním faktorem, který negativně ovlivňuje výkony a ekonomiku těžby při dobývání částí slojí přerubaných dřívější hlubinnou těžbou, je ztráta uhelné substance a promísení vrstev s nadložím nebo mezi sebou. Řešení tohoto problému je přímo závislé na nasazené dobývací technologii v příslušné lokalitě. Použitím vhodné technologie lze vydělovat nadložní vrstvy provalené do vrchních uhelných lávek nebo i kvalitativně rozdílné druhy uhlí z promísených spodních lávek. V tomto směru lze rozlišovat, pokud je systém dobývací technologie cyklický či kontinuální.

U cyklické technologie těžby se zavádí selektivní způsoby těžby, kdy je nutné pečlivě oddělovat jednotlivé složky těženého řezu narušeného hlubinnou těžbou. To znamená směřovat skrývku ze zavalených prostor na výsypku a uhlí z neporušených částí sloje a z uhelných pilířů na nakládací místo. Pokud je těžený materiál dopravován od rýpadla nákladními automobily nebo dempry, lze jej relativně snadno směřovat. Podobné je to při dopravě těžených hmot kolejovou technologií. Vhodným střídáním uhelných a skrývkových souprav lze poměrně snadno využívat výhody selektivní těžby.

Při kontinuálním způsobu technologické dopravy je řešení tohoto problému složitější. **Při využití pásových dopravníků je nutné vřadit do systému pásové dopravy technická zařízení, která umožní změnu směřování jednotlivých typů těživa nacházejících se**

**v záběru rýpadla při dobývání hlubinně narušených řezů.** K tomuto účelu se využívají pásové, rozdělovací a shazovací vozy, výsuvové hlavy nebo rozdělovací klapky na poháněcích stanicích.

## **7. Analýza stavu zásob v hlubinně přerubaných částech sloje**

Před stanovením metody vydělování jednotlivých kvalitativních segmentů ze sloje postižené předcházející hlubinnou těžbou jsem provedl analýzu současného stavu sloje. Celkovou analýzu sloje jsem rozdělil na dílčí rozbory:

- analýzu samotného závalového procesu,
- zrnitostní rozbor uhelné substance,
- rozbor množství a kvalitativního složení zbytkových zásob,
- stanovení základních rozměrů jednotkového bloku,
- výpočet zásob metodou průměrného jednotkového bloku.

Při řešení tohoto úkolu jsem vycházel z výzkumu [5], který prováděl VÚHU Most a kterého jsem se aktivně účastnil. Postup řešení jsem konzultoval s doc. Ing. Jiřím Botulou, Ph.D. a Ing. Pavlem Ruckým, Ph.D.

Běžným způsobem určení zbytkové substance v závalové sloji je výpočet rozdílu mezi původním množstvím uhlí v rostlé sloji a hlubinně vyrubaným množstvím. Tyto údaje lze získat ze starých důlních map a záznamů o těžbě. Praxe ukazuje, že tyto záznamy bývají často nepřesné. Proto jsem hledal jiný způsob výpočtu zásob. Rozhodl jsem se použít k výpočtu množství a kvality zásob v přerubané sloji lomu Jiří metodu průměrného jednotkového bloku, která se po určitých zjednodušeních dobře uplatňuje při výpočtu zásob ve sloji postižené předchozím komorováním na řízený zával.

### **7.1. Analýza závalového procesu**

Ražením důlních děl v horninovém masivu dochází k narušení jeho rovnováhy. Kolem každého důlního díla se vytváří určitá rozvolněná oblast, jejíž rozsah je dán odporem vlastního horninového masivu proti působícím napětím, odporem výztužných prvků a časovým faktorem, závislým na vlastnostech hornin v okolí důlních děl. Při dobývání komorováním na řízený zával pak dochází vlivem koncentrace napětí v masivu nad vyrubaným prostorem k ději, který začíná okamžikem porušení pevnosti ochranných prvků (strop, mezikomorový pilíř, boky díla) a který je označován jako závalový proces. Prvou fází závalového procesu je závalový výlom, který je vytvořen převážně prolomením ochranného stropu a dalšími za sebou jdoucími výlomy stropních vrstev. Při komorování na plnou mocnost a při relativně širokých mezikomorových pilířích probíhá tento proces nad každou

komorou osamoceně. Druhou fází závalového procesu je tzv. závalová komprese. Probíhá v důsledku vlastní tíhy nakypřených hornin z výlomu a je vzhledem k první fázi daleko pomalejší a časové rozprostřená.

Dosavadní poznatky dovolují při určitém zjednodušení konstatovat, že při procesu zavalování prostoru vyrubané komory se porušuje zpravidla pouze určitá část nadložních hornin, zatímco horniny nacházející se v tzv. vyšším nadloží se pouze prohnou a opírají se neporušeny o dlouhodobě nakypřený závalový polštář.

Při modelování závalového procesu se předpokládá, že mezikomorové ochranné pilíře zůstávají na místě a zbytek závalu se pohybuje ve svislém směru k počvě bývalého komorového porubu. **Důsledkem závalového procesu je vznik nehomogenní sloje s mezikomorovými pilíři, závalovým uhlím a nadložními horninami, pokleslými do vyrubaných prostorů komor.** Součástí závalového uhlí je nevydobyta část komory společně s ochranným stropem komory.

Pokud byla při původní hlubinné těžbě použita metoda komorování na řízený zával na jednu lávku, zůstávají mezikomorové ochranné pilíře v původní poloze a jejich kvalita odpovídá i po zavalení původní sloji. Při komorování na řízený zával na více lávek se dávají do pohybu směrem k počvě poslední lávky i mezikomorové pilíře a stropy z vyšších lávek. Dochází k jejich promísení navzájem i s nadložními horninami, které spolu se závalem klesají níže. Vzniká tak nehomogenní uhelná směs s těžko určitelnou kvalitou. Zároveň dochází vlivem destrukčních pochodů v průběhu zavalení vyrubaných prostor ke změně zrnitostního složení těžené rubaniny. Při pohybu rubaniny probíhá rozmělnění částí rostlé sloje s nárůstem drobných částic [5].

V průběhu procesu zavalování dochází k prolamování stropů komor, částečnému nebo úplnému porušení pilířů a určitému promíchání uhelné substance s nadložními hmotami, většinou jíly. Pro závalové pole je charakteristické, že se ve vertikálním i horizontálním směru vytvořilo většinou několik nových uhelných poloh různé kvality. Nepravidelně se střídají kvalitní uhelné polohy (zbytky uhelných pilířů) s polohami závalového uhlí (uhlí ze stropů komor) a polohami nadloží. Tyto kvalitativně odlišné polohy však nemají stále stejné rozložení a tvar, což výrazně ovlivňuje možnosti selektivní těžby a její výkonnost. Dosavadní výzkum v této oblasti přinesl následující poznatky:

- zbytková substance, teoreticky stanovená jako rozdíl mezi původní uhelnou substancí a hlubinnou těžbou vytěženou surovinou, se kvalitativně liší od lomové těžby v závalovém poli,
- promíchání uhlé substance s doprovodnými horninami způsobuje, že lomová těžba je v průměru výrazně nižší kvality,
- dochází k vytváření určitého kvalitativního druhu, který v původní sloji prakticky nebyl vůbec zastoupen,
- v původní kvalitě mohou být vytěženy pouze celistvé zbytky uhlých pilířů mezi komorami a část pilířů substance stropu, přičemž hlavní část lomové těžby tvoří hybridní uhlá substance vzniklá v průběhu zavalovacího procesu a procesu těžby,
- dochází k nárůstu ztrát vlastní uhlé substance.

## **7.2. Zrnitostní rozbor uhlé substance**

Při vydobytí slojí hlubinným způsobem dochází vlivem destrukčních pochodů tlakovými vlivy v průběhu zavalení vyrubaných prostor ke změně zrnitostního složení těžené rubaniny. K ověření těchto změn jsme odebrali vzorky uhlí z prostorů zavalených komor i z odpovídající rostlé sloje. Vzorky byly podrobeny zrnitostní analýze s kvalitativním vyhodnocením jednotlivých frakcí.

Zrnitostní složení bylo graficky znázorněno formou distribučních křivek. Z nich je prokazatelné, že vzorky uhlí z rostlé sloje jsou hrubozrnnější, s menším podílem drobných částic pod 20 mm a větším podílem velkých kusů nad 80 mm. Potvrdil se také výrazný kvalitativní rozdíl obou sad vzorků. Zatímco u vzorků z nenarušené sloje je obsah popela nižší ve všech zrnitostních třídách. Zrnitostní frakce vzorků z podrubané sloje jsou evidentně znečištěny nadložními jíly a obsah popela je vyšší. Výsledky zrnitostní analýzy ukazují tabulky 1 a 3 a obrázek 3.

**Tabulka 1**

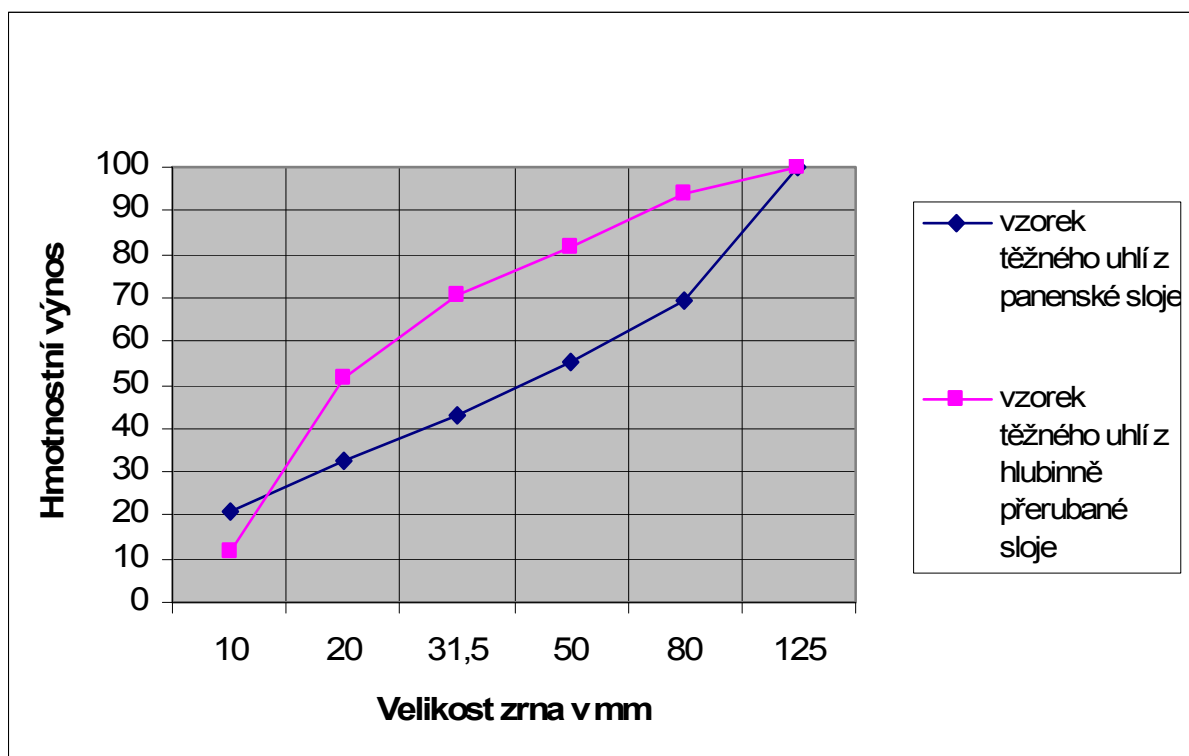
Výsledky třídícího a kvalitativního rozboru vzorku ze sloje nenarušené hlubinnou těžbou.

<b>Zrnitost (mm)</b>	<b>Hmotnost (g)</b>	<b>Výnos (%)</b>	<b>Obsah popela (%)</b>	<b>Výnos podsítného (%)</b>	<b>Výnos nadsítného (%)</b>
<b>-10</b>	13 097	20,93	7,03	20,93	100,00
<b>10 - 20</b>	7 445	11,89	5,64	32,82	79,07
<b>20 - 31,5</b>	6 274	10,02	6,45	42,84	67,18
<b>31,5 - 50</b>	7 552	12,07	5,03	54,91	57,16
<b>50 - 80</b>	9 049	14,46	7,17	69,37	45,09
<b>80</b>	19 168	30,63	6,89	100,00	30,63
<b>Součet</b>	<b>62 585</b>	<b>100,00</b>	<b>6,54</b>		

**Tabulka 2**

Výsledky třídícího a kvalitativního rozboru vzorku z oblasti narušené hlubinnou těžbou.

<b>Zrnitost (mm)</b>	<b>Hmotnost (g)</b>	<b>Výnos (%)</b>	<b>Obsah popela (%)</b>	<b>Výnos podsítného (%)</b>	<b>Výnos nadsítného (%)</b>
<b>-10</b>	5 830	11,50	28,87	11,50	100,00
<b>10 - 20</b>	20 262	39,97	33,20	51,47	88,50
<b>20 - 31,5</b>	9 776	19,28	40,80	70,75	48,53
<b>31,5 - 50</b>	5 556	10,96	33,80	81,71	29,25
<b>50 - 80</b>	6 257	12,34	52,11	94,05	18,29
<b>80</b>	3 013	5,95	55,63	100,00	5,95
<b>Součet</b>	<b>50 694</b>	<b>100,00</b>	<b>37,9</b>		



**Obrázek 11** Diagram zrnitosti vzorků těžných uhlí z rostlé sloje a sloje hlubinně přerubané komorováním na řízený zával.

### 7.3. Rozbor množství a kvalitativního složení zbytkových zásob

Analýzou procesu zavalování lze teoreticky namodelovat přesuny a promíchání jednotlivých, kvalitativně odlišných vrstev. Skutečné kvalitativní změny lze ale postihnout pouze odběrem a zpracováním desítek vzorků z různých míst sledovaného segmentu.

Kvalitativní rozborů jsme prováděli společně se zrnitostní analýzou. Počet vzorků však nebyl takový, aby mohl poskytnout uspokojivý přehled o kvalitativních změnách, které nastaly vlivem procesu zavalování. Získání a zpracování dostatečného počtu vzorků by trvalo dlouhou dobu a neúměrně by zvýšilo náklady na celý výzkum. Proto jsem navrhl metodu, které bylo využito i při výzkumu vedeném VŠB-TUO [6].

Metoda spočívá ve využití kontinuálních popeloměrů firmy ENELEX, instalovaných na rozdělovacích stanicích. Zařízení je umístěno pod a nad pásovým dopravníkem, průběžně stanovuje obsah popela v sušině  $A^d$  (podle zeslabení a rozptýlení gama kvant vysílaných radioaktivním zářičem v závislosti na hustotě překážky – vrstvy materiálu na pase) v dopravovaném materiálu a měří výšku vrstvy, ze které vypočítává množství procházejícího těživa. Výstupem jsou rovněž údaje o výhřevnosti  $Q_i^r$  a o obsahu vody veškeré  $W_i^r$  v těžném uhlí. Jejich výpočet je prováděn podle známých regresních vztahů.

Výsledky měření jsou přenášeny a ukládány do nadřazeného řídicího systému. Časovým ohraničením změny polohy klapky pro přesměrování těživa jsou vymezeny soubory dat obsahu popela a výšky vrstvy pro jednotlivé směry. V nadřazeném systému jsou uloženy databáze velkého množství vzorků, které lze přiřadit k jednotlivým segmentům sloje (tab.3).

**Tabulka 3**

Příklad výpisu výsledků měření kontinuálních popeloměrů ENELEX na rozdělovacích stanicích.

Čas (hh:mm)	Ad (%)	Qir (MJ.kg <sup>-1</sup> )	Wtr (%)	Korektnost	Chod	Nastavení kam	Nastavení odkud	Výkon (t.h <sup>-1</sup> )	Vrstva (cm)
15:18	5,6	15,63	41,49	4 6	2	NSII-K7	20	516	129
15:20	20,62	13,52	38,79	4 6 8	2	NSII-K7	20	458	115
15:22	4	15,85	41,78	4 6	2	NSII-K7		284	71
15:24	0	0	0	4 6	2	NSII-K7	20	12	3
15:26	11,08	14,86	40,5	4 6	2	NSII-K7	20	568	142
15:28	9	15,15	40,88	4 6	2	NSII-K7	20	366	92
15:30	0	0	0	4 6	2	Výkliz	20	8	2
15:32	98	2,69	24,86	4 6	2	Výkliz	20	216	54
15:34	72	6,33	29,54	4 6	2	Výkliz	20	484	121
15:36	26	12,77	37,82	4 6	2	Výkliz	20	188	47
15:38	44,33	10,2	34,52	4 6	2	Výkliz	20	292	73
15:40	63,11	7,57	31,14	4 6	2	Výkliz	20	390	98
15:42	61,83	7,75	31,37	4 6	2	Výkliz	20	442	111
15:44	79	5,35	28,28	4 6	2	Výkliz		238	60

V tabulce 3 je uveden pouze malý výsek z obsáhlého souboru dat. Uvedený příklad výpisu je původní a odpovídá době vzniku. Je to výňatek ze zápisu dat z řídicího systému řízení kvality lomu Jiří od firmy MIP s.r.o., Velká nad Veličkou. Tento systém byl využíván od roku 1996 do roku 2008. V roce 2008 byl řídicí systém kvality lomu Jiří převeden do interního Výrobně-informačního systému (dále jen VIS) Sokolovské uhelné.

Vysvětlivky k tabulce:

**Čas** – časová řada ve dvouminutových intervalech měření popeloměru,

**A<sup>d</sup>** – obsah popela v bezvodém vzorku v procentech,

**Q<sub>i</sub><sup>r</sup>** – výhřevnost původní v MJ.kg<sup>-1</sup>,

**W<sub>t</sub><sup>r</sup>** – voda veškerá původní v procentech,

**Korektnost** – indexy datových hlášení,

**Chod** – provozní stav technologie (1 – stop, 2 – chod),

**Nastavení kam** – nastavení klapky rozdělovacího vozu a směr toku těživa



(NS II-K7 – nakládací stanice II-7.kolej, Výkliz – odtah na vnitřní výsypku),

**Nastavení odkud** – identifikační číslo velkstroje KU 300S, který na dopravník nakládá,

**Výkon** – množství procházejícího těživa v  $t \cdot h^{-1}$ ,

**Vrstva** – výška vrstvy procházejícího těživa v cm.

Takto získané soubory dat byly očištěny od nulových hodnot a rozčleněny podle data a podle polohy klapky na hodnoty odpovídající uhlí a hodnoty odpovídající výklizu. U obou skupin hodnot byly vypočítány hmotnostní průměry jednotlivých kvalitativních parametrů a ty porovnány s kvalitativními parametry, stanovenými pro vybraný segment sloje geologickým modelem firmy KVASOFT Karlovy Vary (dále jen geomodel), který využívá sekce Měřičství a geologie Sokolovské uhelné, a s evidenčně získanými hodnotami (tab.4).

**Tabulka 4**

Příklad analýzy výsledků měření pro rozdělovací stanici.

Měření v rozmezí obsahu popela ( $A^d$ %)		Počet měření	Průměrný výkon ( $t \cdot h^{-1}$ )	Průměrný obsah $A^d$ (%)	Doba měření (h)	Vytěžené množství (t)
Uhlí	0 – 15	129	401,70	9,96	4,30	1 727,3
	15 – 25	196	517,6,	19,60	6,53	3 381,7
	25 – 35	71	451,90	29,90	2,37	1 069,5
	nad 35	28	443,30	43,70	0,93	413,80
	Bez měření obsahu popela	120	52,50	-	4,00	210,00
Výkliz	nad 35	17	458,90	77,40	0,57	260,00
	bez měření obsahu popela	7	23,70	-	0,23	5,50
<b>Celkem</b>		<b>568</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>18,93</b>	<b>7 067,80</b>
Měření s nulovými údaji		152	-	-	5,07	-
Uhlí celkem 6 802,3 t			Výkliz celkem 265,5 t			

#### 7.4. Stanovení základních rozměrů jednotkového bloku

Základem výpočtu prognózy množství a kvality zásob je stanovení rozměrů průměrného jednotkového bloku. Ten se skládá z rozměrů komory, tj. z délek půdorysných stran komory a z její výšky, dále z mocnosti stropu komory a mocnosti ochranného pilíře. Při stanovení těchto rozměrů je nutné vycházet nejen z technických podkladů z archívů hlubinného dolu, ale i z odborného odhadu a zkušeností pamětníků.

Velikost komor nebývá konstantní, stejně jako rozměry ochranných pilířů. Variabilita rozměrů komor a pilířů přímo ovlivňuje objem a hmotnost závalu, a tím i uhelné zásoby v segmentu sloje znovu dobývaném povrchovým způsobem. Výpočty prognóz vycházely z předpokladů a zkušeností, že komory v jednotlivých lávkách ve sloji Antonín byly dobývány v základních půdorysných rozměrech 8x8 m při průměrné šířce mezikomorových pilířů 3 m.

Pro stanovení množství a kvality substance v přerubaných plochách byla využita modelace poměrů ve sloji s využitím údajů vybraného průzkumného vrtu, charakterizujícího složení vrstev v panenské sloji. K ověření vlivu šířky mezikomorového pilíře a ochranného stropu na množství zbytkových zásob po hlubinném vydobytí byl zvolen interval šířky pilíře v rozmezí 2 až 4 m v odstupech 0,5 m.

**Získané údaje dokazují, že změna šířky mezikomorového pilíře má násobně vyšší vliv na skladbu zbytkových zásob než změny mocnosti stropu komory.**

Například při komorování v jedné lávce lze vyjádřit poměr zbytkových zásob v mezikomorových pilířích a ochranných stropěch pomocí koeficientu  $K_p$ , kde

$n$  ... průměrný rozměr délky komory (m)

$m$  ... průměrný rozměr šířky komory (m)

$l$  ... průměrná výška komory (m)

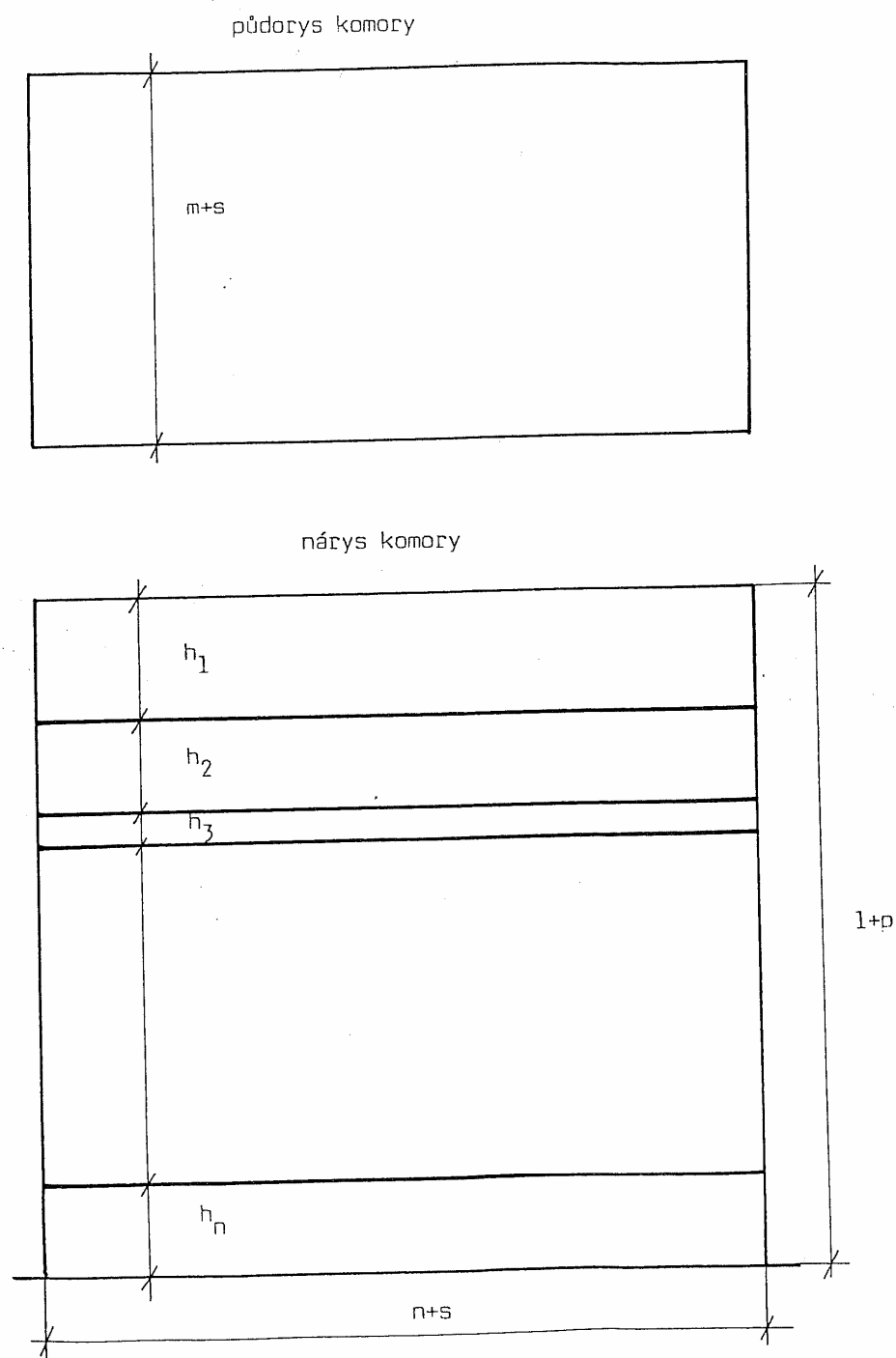
$p$  ... průměrná mocnost stropu komory (m)

$s$  ... průměrná šířka (mocnost) ochranného mezikomorového pilíře (m).

Za předpokladu, že  $m = n = a$ , pak je

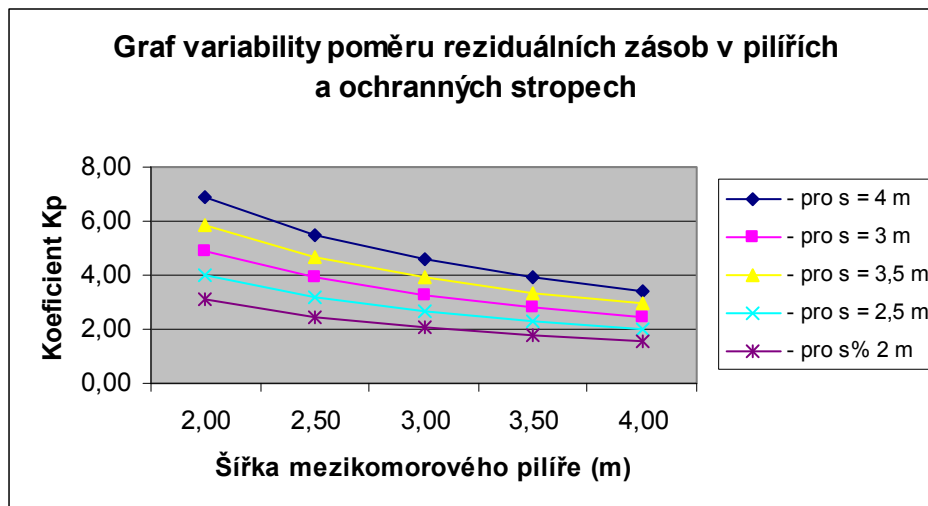
$$K_p = \frac{(2a + s)s.l}{a^2.p} \quad (1)$$

Základní rozměry komory jsou znázorněny na obrázku 12, kde  $h$  je mocnost jednotlivých vrstev těžené sloje v m.



**Obrázek 12** Základní rozměry komory.

Pro standardní půdorysný rozměr komory 8 x 8 m a konstantní mocnost uhelné lávky od paty komory k hlavě sloje  $l = 11 \text{ m}$  znázorňuje graf na obrázku 13 poměr množství zbytkových zásob pro variabilní poměry mocností stropu a mezikomorových pilířů.



**Obrázek 13** Graf variability poměru reziduálních zásob v pilířích a ochranných stropech.

K ověření vlivu obou faktorů (rozměr komory a pilíře) na hodnoty zbytkových zásob uhelné substance ve sledovaném bloku byly vypočteny hodnoty při optimální kombinaci obou parametrů (malá komora, široký pilíř) a pro kombinaci s největším úbytkem uhlí po komorování (velká komora, úzký pilíř). Vypočtené hodnoty byly opět porovnány se skladbou materiálu v rostlé sloji ( tab 5).

Při optimální kombinaci rozměrů komory a šířky ochranného pilíře při dobývání v jedné lávce zbývá ve sloji až 64% původního množství uhelné substance. Při nepříznivé kombinaci pouze 40%. Takto získané hodnoty byly v průběhu dalšího řešení úkolu porovnávány se skutečně vytěženými objemy uhlí a výklizových hmot ve vybraných segmentech sloje zasažených komorováním na jednu lávku.

**Tabulka 5**

Údaje o zásobách ve vytěženém segmentu pro rostlou sloj a standardní, optimální a nepříznivou kombinaci parametrů jednotkového bloku.

ukazatel	rostlá sloj	standardní kombinace parametrů	optimální kombinace parametrů	nepříznivá kombinace parametrů
hmotnost materiálu v hodnoceném segmentu (t)	31 192,3	38 788,-	34 708,1	40 797,7
zdánlivá průměrná hustota materiálu v segmentu ( $\text{t m}^{-3}$ )	1,11	1,38	1,23	1,45
hmotnost směsi o $\varnothing$ 15 % A <sup>d</sup> v segmentu (t)	35 285,4	16 600,8	25 209,7	11 666,-
hmotnost směsi o $\varnothing$ 25 % A <sup>d</sup> v segmentu (t)	41 700,9	19 609,9	29 728,00	13 780,6
hmotnost směsi o $\varnothing$ 35 % A <sup>d</sup> v segmentu (t)	50 967,8	23 966,9	36 334,1	16 842,4
průměrný obsah popela v segmentu (%)	6,46	52,20	32,80	61,40

### 7.5. Výpočet zásob metodou průměrného jednotkového bloku

Jak bylo uvedeno, pro výpočet množství a kvality zásob jsem zvolil metodu průměrného jednotkového bloku. Na základě průběžných výsledků výzkumu mohu konstatovat, že množství a kvalita uhelné substance v zavalené komoře je závislá na:

- kvalitě původní rostlé sloje ve sledovaném segmentu,
- rozměrech vydobyté komory,
- mocnosti a kvalitě propadlého stropu,

- šířce mezikomorových pilířů,
- koeficientu nakypření v závalu.

Kvalitu jednotlivých vrstev vyskytujících se v jednotkovém bloku lze stanovit na základě analýz technologických parametrů ze vzorků jádrových průzkumných vrtů nacházejících se v blízkosti vybraného jednotkového bloku. Při modelování závalového procesu se předpokládá, že část uhelné substance zůstává v původní poloze v mezikomorových ochranných pilířích a zbytek se přesouvá ve směru závalu. Důsledkem tohoto procesu je výskyt nehomogenních částí uvnitř uhelné sloje, které jsou tvořeny:

- závalovým uhlím z porušených částí mezikomorových pilířů a ochranných stropů pokleslých do vytěžených komor,
- nadložními horninami pokleslými do vyrubaných prostorů komor pod původní hlavu sloje.

Výše uvedené poznatky z dosud provedených analýz a měření vedou k závěru, že analýzy vzorků odebraných zásekem nebo z dopravníků nebo rozbory odebraných vzorků z vrtů v narušené oblasti i z těžených lávek jsou využitelné pro dopřesnění kvalitativních údajů o základních parametrech surovin (obsah vody, obsah popela, obsah stopových prvků apod.), nemohou však poskytnout dostatečné podklady pro relativně přesnou prognózu množství a kvality zásob, a tedy pro zásadní rozhodnutí o technice dobývání, eventuálně rozdělování a úpravy těžené suroviny.

Takové podklady může poskytnout pouze výpočet stavu (množství a kvality) zbytkových zásob. K výpočtu množství a kvality zbytkových zásob jsem použil metodu průměrného jednotkového bloku. Na základě výsledků výpočtu jsem zvolil vhodné technické řešení optimalizace těžebních podmínek a toku těživa z oblasti zasažené bývalou hlubinnou těžbou.

#### 7.5.1. Metoda výpočtu

Pro zjednodušení výpočtu jsem vytvořil schematický model průměrného jednotkového bloku před hlubinným vydobytím a po vytěžení komory. Za účelem obecného řešení prognózy jsem jednotlivé rozměrové parametry jednotkového bloku označil následovně:

$h_i$  ... mocnost  $i$ -té vrstvy těžené sloje (m)

$n$  ... průměrný rozměr délky komory (m)

$m$  ... průměrný rozměr šířky komory (m)

$l$  ... průměrná výška komory (m)

$p$  ... průměrná mocnost stropu komory (m)

$s$  ... průměrná šířka (mocnost) ochranného mezikomorového pilíře (m)

$a_i$  ... obsah popela  $i$ -té vrstvy (%)

$\gamma$  ... zdánlivá hustota  $i$ -té vrstvy ( $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

$\nu$  ... objemové zastoupení  $i$ -té vrstvy v lávce (sloji) (obj.%)

Pomocí výše uvedených symbolů lze provést vyhodnocení složení jednotkového bloku jako základního údaje prognózy zbytkových zásob těžného segmentu po předchozím hlubinném dobývání [5]. Na základě výškové orientace hlavy a počvy těžné lávky, tedy i průměrného jednotkového bloku, lze stanovit zastoupení vrstev podle údajů profilu vybraného průzkumného vrtu. Tak lze získat pro danou lávku hodnoty  $h_1 \dots h_n$  a k nim příslušné kvalitativní parametry  $a_1 \dots a_n$  pro rostlou sloj. Mocnost vrstvy  $h_i$  a obsah popela ve vrstvě  $a_i$  lze získat z profilu vybraného průzkumného vrtu, údaje o zdánlivé hustotě jsou určeny podle ověřené regresní závislosti  $\gamma = f(a)$  a objemové zastoupení vrstvy ve sloji  $\nu$  je stanoveno výpočtem podle vztahu (2)

$$\nu = \frac{h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} 100 = \frac{h_i}{H} 100 \quad (\%) \quad (2)$$

kde

$$H = \sum_{i=1}^n h_i = p + l \quad \dots \text{mocnost lávky nebo výška jednotkového bloku v m} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \nu_i = 100 \quad \dots \text{součet objemového zastoupení vrstev v lávce v \%} \quad (4)$$

Rozměry průměrného jednotkového bloku jsou vymezeny plošným rozměrem komory a pilíře, výškou komory a mocností ochranného stropu. Průměrné hodnoty  $m$ ,  $n$ ,  $l$ ,  $s$ ,  $p$  je nutno stanovit s maximální možnou přesností. Podle označení na obrázku 12 lze objem jednotkového bloku stanovit jako objem hranolu podle vzorce (5)

$$D_j = (n + s)(m + s)(l + p) = (n + s)(m + s) \sum_{i=1}^n h_i \quad (5)$$

kde  $D_j$  ... objem průměrného jednotkového bloku v  $\text{m}^3$

Objemové zastoupení vrstev v jednotkovém bloku v  $\text{m}^3$  před hlubinným vyrubáním komory (rostlá sloj) lze určit pro každou vrstvu lávky podle vztahu

$$d_i = \frac{D_j}{100} \nu_i \quad (\text{m}^3) \quad (6)$$

$$\text{když platí } \sum_{i=1}^n d_i = D_j \quad (7)$$

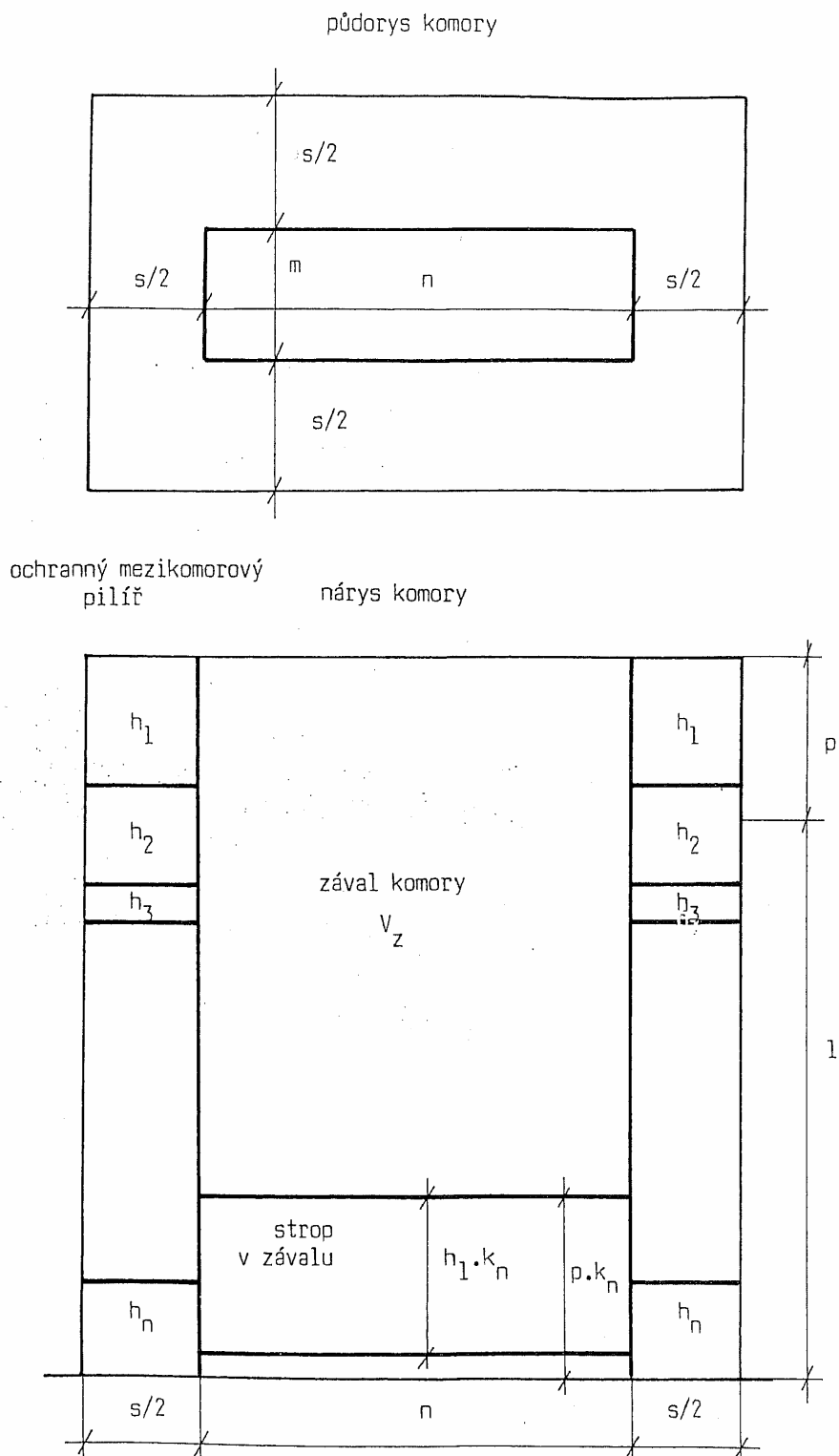
Hmotnostní podíly zastoupení jednotlivých vrstev v jednotkovém bloku před hlubinným vydobytím (rostlá sloj) v tunách lze stanovit výpočtem z objemu vrstvy v jednotkovém bloku a příslušné zdánlivé hustoty vrstvy podle vzorce (8)

$$g_i = d_i \gamma_i \quad (\text{t}) \quad (8)$$

$$\text{kdy dále platí } \sum_{i=1}^n g_i = G_j \quad (\text{t}) \quad (9)$$

Objemové zastoupení vrstev v průměrném jednotkovém bloku po vydobytí komory lze určit obdobným postupem jako pro rostlou sloj. Základní rozměry jednotkového bloku po vydobytí komory jsou schematicky znázorněny na obrázku 14 .





**Obrázek 14** Základní rozměry jednotkového bloku po vydobytí komory.

Výplň komory po hlubinném vytěžení lze určit z objemu propadlého stropu zvětšeného koeficientem trvalého nakypření a z objemu závalových hornin v komoře, nahrazujících vytěženou uhelnou substancí. K tomu použijeme vzorce

$$\nu_{is} = m \cdot n \cdot h_{is} \cdot k_n \quad (\text{m}^3) \quad (10)$$

kde  $\nu_{is}$  ... objem i-té vrstvy stropu v závalu komory v  $\text{m}^3$

$h_{is}$  ... mocnost i-té vrstvy stropu komory v m

$k_n$  ... koeficient trvalého nakypření vrstev stropu (použitá hodnota 1,1)

$$\text{Dále platí } \sum_{i=1}^k \nu_{is} = V_s \quad (\text{m}^3) \quad (11)$$

kde je  $V_s$  ... objem stropu závalu komory v  $\text{m}^3$

Objem závalových hornin lze určit jako rozdíl objemu průměrné jednotkové komory a stropu a objemu stropu po závalu

$$V_z = (m \cdot n)(l + p) - V_s \quad (\text{m}^3) \quad (12)$$

$$\text{nebo } V_z = m \cdot n \cdot \sum_{i=1}^n h_i - V_s \quad (\text{m}^3) \quad (13)$$

Objemové zastoupení vrstev v ochranném pilíři lze určit z rozměrů půdorysu ochranného pilíře a mocnosti příslušných uhelných vrstev. Lze je vyčíslit postupně pomocí vztahu (14)

$$\nu_{ip} = (n + m + s) \cdot h_{ip} \quad (\text{m}^3) \quad (14)$$

kde  $\nu_{ip}$  ... objemové zastoupení i-té vrstvy v pilíři  $\text{m}^3$

$h_{ip}$  ... mocnost i-té vrstvy v pilíři v m

$$\text{když platí } \sum_{i=1}^n \nu_{ip} = (n + m + s)(l + p) = V_p \quad (\text{m}^3) \quad (15)$$

kde  $V_p$  ... objem ochranného pilíře v  $\text{m}^3$

Dále platí

$$V_s + V_z + V_p = D_j = \sum_{i=1}^k \nu_{is} + V_z + \sum_{i=1}^n \nu_{ip} \quad (\text{m}^3) \quad (16)$$

Hmotnostní zastoupení vrstev v průměrném jednotkovém bloku lze určit pomocí objemového zastoupení vrstev a příslušné zdánlivé hustoty vrstev podle vzorců

$$g_{is} = \frac{\gamma_{is}}{k_n} \cdot \nu_{is} \quad (t) \quad (17)$$

$$G_z = \frac{\gamma_z}{k_n} \cdot V_z \quad (t) \quad (18)$$

$$g_{ip} = \nu_{ip} \cdot \gamma_{ip} \quad (t) \quad (19)$$

Hmotnostní zastoupení vrstev v hmotnostních procentech v průměrném jednotkovém bloku lze vypočítat pomocí hmotnostního zastoupení jednotlivých vrstev v bloku a hmotnosti bloku podle vztahů

$$G_j = \sum_{i=1}^k g_{is} + G_z + \sum_{i=1}^n g_{ip} \quad (t) \quad (20)$$

$$g_{ip}(\%) = \frac{g_i}{G_j} 100 \quad (\%) \quad (21)$$

$$\text{když } \sum_{i=1}^k g_{ip} = 100\% \quad (22)$$

Seřadíme-li údaje hmotnostního zastoupení vrstev v průměrném jednotkovém bloku v hmotnostních procentech podle narůstajícího obsahu popela, lze z hodnot hmotnostních procent a příslušných obsahů popela sestavit křivku hmotnostního zastoupení vrstev v průměrném jednotkovém bloku, jejíž průběh charakterizuje kvalitativní složení bloku, resp. těžného segmentu po předchozím hlubinném vydobytí. Z křivky (příloha C) lze odečíst teoretická množství materiálů zvolené kvality v bloku nebo segmentu, který blok charakterizuje.

K určení množství a kvality zásob v těžném segmentu přepočteme hodnoty objemového zastoupení vrstev v bloku ( $\nu_{is}$ ,  $V_z$ ,  $\nu_{ip}$ ) na objemová procenta podle vzorců

$$\nu_{is}(\%) = \frac{V_{is}}{D_j} 100 \quad (\text{obj.}\%) \quad (23)$$

$$V_z(\%) = \frac{V_z}{D_j} 100 \quad (\text{obj.}\%) \quad (24)$$

$$\nu_{ip}(\%) = \frac{\nu_{ip}}{D_j} 100 \quad (\text{obj.}\%) \quad (25)$$

$$\text{kdy platí } \sum_{i=1}^k \nu_{is}(\%) + V_z(\%) + \sum_{i=1}^n \nu_{ip}(\%) = 100\% \quad (26)$$

Objemové zastoupení vrstev v těžném segmentu v  $\text{m}^3$  lze zjistit pomocí procentuálního zastoupení vrstev v bloku v procentech a objemu segmentu  $V_t$  podle vztahu

$$\nu_{it} = \frac{V_t}{100} \cdot \nu_i(\%) \quad (\text{m}^3) \quad (27)$$

kde  $\nu_{it}$  ... objemové zastoupení vrstvy v těžném segmentu v  $\text{m}^3$   
 $V_t$  ... objem těžného segmentu v  $\text{m}^3$   
 $\nu_i(\%)$  ... objemové zastoupení vrstvy v jednotkovém bloku v %

Hmotnost vrstev různé kvality v těžném segmentu a kvalitativní a kvantitativní složení zbytkových zásob v daném segmentu lze zjistit z objemu jednotlivých vrstev v segmentu ( $\nu_{it}$ ) a zdánlivé hustoty příslušných vrstev ( $\gamma_i$ ), v případě závalových substancí pomocí koeficientu trvalého nakypření ( $k_n$ ) podle vzorců

$$g_{it} = \nu_{it} \gamma_i \quad (\text{t}) \quad (28)$$

nebo

$$g_{it} = \frac{\nu_{it} \gamma_i}{k_n} \quad (29)$$

$$\text{kdy platí } \sum_{i=1}^n g_{it} = G_t \quad (\text{t}) \quad (30)$$

a kde  $g_{it}$  ... hmotnostní zastoupení i-té vrstvy v těžném segmentu v t  
 $G_t$  ... hmotnost materiálu (zbytkových zásob) v těžném segmentu v t

Podíl hmotnosti materiálu v segmentu a objemu určuje zdánlivou hustotu materiálu v segmentu a její hodnota poskytuje rovněž zjednodušenou představu o kvalitě těžné substance. K určení zdánlivé hustoty materiálu v těžném segmentu lze použít vztah

$$\gamma = \frac{G_i}{V_i} \quad (\text{t.m}^{-3}) \quad (31)$$

Výše uvedený výpočet jsem aplikoval na vybraný reálný segment sloje postižené předešlým hlubinným dobýváním.

#### 7.5.2. Příklad výpočtu zásob

Na základě teoretických poznatků z analýzy závalového procesu a studia metody výpočtu množství zásob jsem provedl porovnání množství a kvality zbytkových zásob metodou průměrného jednotkového bloku v konkrétním segmentu důlního pole lomu Jiří s údaji o reálné těžbě v tomto bloku. Postup výpočtu a jeho výsledky jsem konzultoval s Ing. Pavlem Ruckým, Ph.D. Výpočet byl potom prezentován jako dílčí součást výzkumné práce “Řízení separace uhlí z území po hlubinném dobýváním na kvalitativně odlišné druhy pomocí rozdělovacích stanic s cílem maximální ekonomické efektivnosti. II-etapa” objednané Sokolovskou uhelnou u VŠB-TUO. [7] Výchozí podklady pro výpočet:

- výsek provozní mapy v měřítku 1:500 s vyznačeným segmentem dobývaným od 29.02.2008 do 10.03.2008 a výpočtovými bloky – příloha D
- technologický a geologický profil průzkumného vrtu JP 498 – příloha F.
- protokol z výpočtu zásob zájmového bloku báňským modelem (KU 300S/39 - horizont 333) – příloha G.
- vertikální řezy m 1:500 s vyznačením polohy vydobytych lávek ve zvolených liniích – přílohy H - O
- provozní soubor dat z popeloměru se záznamem těžby velkostroje KU 300S/39 ve vybraném segmentu ve dnech 28.02 – 10.03.2008

Z vyznačených hranic vybraného bloku jsem stanovil objem vytěžené substance. Kvalitativní a kvantitativní složení odtěženého materiálu jsem specifikoval pomocí údajů uvedených v technologickém rozboru vrtu lokalizovaného co nejbližše sledovanému segmentu. Objemy jednotlivých, kvalitativně odlišných vrstev ve vertikálních profilech jsem přepočítal na objemová procenta zastoupení těchto vrstev v objemové jednotce příslušné části segmentu. Skutečné objemy vrstev rozdílné kvality jsem stanovil pomocí vypočtených kubatur jednotlivých

částí. Vypočtené objemy jsem porovnal s provozní evidencí skutečně vytěžených objemů uhlí a výklizu ze zkoumaných segmentů.

V hranicích vydobytého segmentu (bloku) rýpadlem KU 300S/39 jsem liniemi zvolených profilů vymezil výpočtová tělesa. Protože těžební blok představuje značně složitý morfologický útvar, zejména v jeho severní části, kde se kolesové rýpadlo podélně i příčně postupně zahrabávalo tzv. z pláně předchozího záběru a výška dobývané lávky se pohybovala v řádu decimetrů, byl kontrolní výpočtový blok omezen linií profilu 6 – 6'. Takto ohraničený prostor jsem rozdělil příčnými profily 4-4', 5-5', 6-6', 7-7', 8-8' a ty jsem v oblasti odlišných reliéfů, resp. výšek rozdělil na dva dílčí bloky (4/I, 4/II, 7/I, 7/II, 6/II). Rozdělení linií a bloků je provedeno v příloze E.

Profily jednotlivých příčných řezů jsou přílohami H – O.

Pro jednotlivé výpočtové bloky jsem vypočítal parametry průměrných mocností technologických vrstev uhlí a závalů odvozených z průběhu linií paty druhé lávky komorování a parametrů průzkumného vrtu JP 498. Profil vrtu JP 498 je přílohou F.

Výpočet zásob v tzv. standardní variantě jednotkových bloků je v následujících tabulkách 6 – 23.

**Tabulka 6**

Výpočet uhelných zásob rostlé sloje - jednotkový blok 4 - 4/I

Mocnost vrstvy $h_i$ (m)	Objem vrstvy $v_i$ (m <sup>3</sup> )	Obsah $A^d$ (%)	Zdánlivá hustota (t.m <sup>-3</sup> )	Hmotnost (t)	Hmotnostní zastoupení (%)	Množství popela $A_d$ (kg.10 <sup>-1</sup> t)
1,60	193,60	23,00	1,21	234,58	11,79	5395,31
1,90	229,90	44,00	1,37	315,14	15,84	13866,30
6,30	762,30	21,00	1,20	911,68	45,81	19145,30
3,00	363,00	19,00	1,18	428,33	21,52	8138,18
0,15	18,15	83,00	1,78	32,37	1,63	2686,43
0,45	54,45	28,00	1,25	68,06	3,42	1905,68
13,40	1621,40	25,70		1990,15	100,00	51137,20

**Tabulka 7**

Výpočet zásob v pilířích - jednotkový blok 4-4/I

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela Ad
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
1,60	91,20	23,00	1,21	110,50	11,79	2541,59
1,90	108,30	44,00	1,37	148,46	15,84	6532,06
6,30	359,10	21,00	1,20	429,47	45,81	9018,86
3,00	171,00	19,00	1,18	201,77	21,52	3833,69
0,15	8,55	83,00	1,78	15,25	1,63	1265,51
0,45	25,65	28,00	1,25	32,06	3,42	897,72
<b>13,40</b>	<b>763,80</b>	<b>25,70</b>		<b>937,51</b>	<b>100,00</b>	<b>24089,43</b>

**Tabulka 8**

Výpočet zásob v půdorysu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 4 - 4/I

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela Ad
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,20	12,80	8,00	1,08	13,88	1,40	111,05
3,00	192,00	13,00	1,13	216,90	21,85	2819,72
6,30	403,20	21,00	1,20	482,21	48,58	10126,44
3,00	192,00	19,00	1,18	226,55	22,82	4304,49
0,15	9,60	83,00	1,78	17,12	1,72	1420,92
0,45	28,80	28,00	1,25	36,00	3,63	1007,96
<b>13,10</b>	<b>825,60</b>	<b>19,94</b>		<b>992,67</b>	<b>100,00</b>	<b>19790,59</b>

**Celkem zásoby jednotkového bloku 4 - 4/I po vyrubání 2. lávky****1952,44****44238,92** **$A^d$   
22,66****Tabulka 9**

Výpočet uhelných zásob rostlé sloje - jednotkový blok 4 - 4/II

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela Ad
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,85	102,85	21,00	1,20	123,00	18,87	2583,10
3,00	363,00	19,00	1,18	428,33	65,72	8138,18
0,15	18,15	83,00	1,78	32,37	4,97	2686,43
0,45	54,45	28,00	1,25	68,06	10,44	1905,68
<b>4,45</b>	<b>538,45</b>	<b>23,50</b>		<b>651,76</b>	<b>100,00</b>	<b>15313,38</b>

**Celkem zásoby jednotkového bloku 4 - 4/II po vyrubání 2. lávky****651,76****15313,38****A<sup>d</sup>  
23,50****Tabulka 10**

Výpočet uhelných zásob rostlé sloje - jednotkový blok 5 - 5/I

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela $A_d$
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
2,80	338,80	23,00	1,21	410,51	19,87	9441,79
1,90	229,90	44,00	1,37	315,14	15,26	13866,30
6,30	762,30	21,00	1,20	911,68	44,14	19145,30
3,00	363,00	19,00	1,18	428,33	20,74	8138,18
14,00	1694,00	24,49		2065,66	100,00	50591,58

**Tabulka 11**

Výpočet zásob v pilířích-jednotkový blok 5 - 5/I

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela $A_d$
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
2,80	159,60	23,00	1,21	193,38	19,87	4447,79
1,90	108,30	44,00	1,37	148,46	15,26	6532,06
6,30	359,10	21,00	1,20	429,47	44,14	9018,86
3,00	171,00	19,00	1,18	201,77	20,74	3833,69
14,00	798,00	24,49		973,08	100,00	23832,40

**Tabulka 12**

Výpočet zásob v půdorysu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 5 - 5/I

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela $A_d$
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
1,27	81,28	8,00	1,08	88,15	8,69	705,19
3,00	192,00	13,00	1,13	216,90	21,39	2819,72
6,30	403,20	21,00	1,20	482,21	47,56	10126,44
3,00	192,00	19,00	1,18	226,55	22,35	4304,49
13,57	868,48	17,71		1013,81	100,00	17955,85

**Celkem zásoby jednotkového bloku 5 - 5/I po vyrubání 2. lávky****1986,89****41788,25****A<sup>d</sup>  
21,03**



**Tabulka 13**

Výpočet zásob rostlé uhelné sloje - jednotkový blok 6 - 6/II

Mocnost vrstvy $h_i$ (m)	Objem vrstvy $v_i$ (m <sup>3</sup> )	Obsah $A^d$ (%)	Zdánlivá hustota (t.m <sup>-3</sup> )	Hmotnost (t)	Hmotnostní zastoupení (%)	Množství popela Ad (kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,30	36,30	23,00	1,21	43,98	12,25	1011,62
1,90	229,90	44,00	1,37	315,14	87,75	13866,30
2,20	266,20	<b>41,43</b>		<b>359,13</b>	100,00	14877,92

**Tabulka 14**

Výpočet zásob v pilířích - jednotkový blok 6 - 6/II

Mocnost vrstvy $h_i$ (m)	Objem vrstvy $v_i$ (m <sup>3</sup> )	Obsah $A^d$ (%)	Zdánlivá hustota (t.m <sup>-3</sup> )	Hmotnost (t)	Hmotnostní zastoupení (%)	Množství popela Ad (kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,30	17,10	23,00	1,21	20,72	12,25	476,55
1,90	108,30	44,00	1,37	148,46	87,75	6532,06
2,20	125,40	<b>41,43</b>		<b>169,18</b>	100,00	7008,61

**Tabulka 15**

Výpočet zásob v půdorysu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 6 - 6/II

Mocnost vrstvy $h_i$ (m)	Objem vrstvy $v_i$ (m <sup>3</sup> )	Obsah $A^d$ (%)	Zdánlivá hustota (t.m <sup>-3</sup> )	Hmotnost (t)	Hmotnostní zastoupení (%)	Množství popela Ad (kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,27	17,28	23,00	1,21	20,94	9,80	481,56
1,73	110,72	80,00	1,74	192,65	90,20	15412,22
2,00	128,00	<b>74,41</b>		<b>213,59</b>	100,00	15893,79

**Celkem zásoby jednotkového bloku 6 - 6/II po vyrubání 2. lávky**  **$A^d$**   
**382,77      22902,40      59,83**

**Tabulka 16**

Výpočet zásob rostlé uhelné sloje - jednotkový blok 7 - 7/I

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela Ad
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,45	54,45	13,00	1,13	61,51	2,74	799,66
3,70	447,70	23,00	1,21	542,46	24,16	12476,66
1,90	229,90	44,00	1,37	315,14	14,04	13866,30
6,30	762,30	21,00	1,20	911,68	40,61	19145,30
2,90	350,90	19,00	1,18	414,05	18,44	7866,90
<b>15,25</b>	<b>1845,25</b>	<b>24,12</b>		<b>2244,85</b>	<b>100,00</b>	<b>54154,82</b>

**Tabulka 17**

Výpočet zásob v pilířích - jednotkový blok 7 - 7/I

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela Ad
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,45	25,65	13,00	1,13	28,98	2,74	376,70
3,70	210,90	23,00	1,21	255,54	24,16	5877,43
1,90	108,30	44,00	1,37	148,46	14,04	6532,06
6,30	359,10	21,00	1,20	429,47	40,61	9018,86
2,90	165,30	19,00	1,18	195,05	18,44	3705,90
<b>15,25</b>	<b>869,25</b>	<b>24,12</b>		<b>1057,49</b>	<b>100,00</b>	<b>25510,95</b>

**Tabulka 18**

Výpočet zásob v půdorysu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 7 - 7/I

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela Ad
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,50	32,00	80,00	1,74	55,68	5,00	4454,40
2,00	128,00	8,00	1,08	138,82	12,48	1110,54
3,00	192,00	13,00	1,13	216,90	19,49	2819,72
6,30	403,20	21,00	1,20	482,21	43,34	10126,44
2,90	185,60	19,00	1,18	219,00	19,68	4161,01
<b>14,70</b>	<b>940,80</b>	<b>15,38</b>		<b>1112,61</b>	<b>100,00</b>	<b>17107,17</b>

**Celkem disponibilní zásoby jednotkového bloku 7 - 7/I po vyrubání 2. lávky**

**2170,10****42618,12**

**$A^d$**   
**19,64**

**Tabulka 19**

Výpočet zásob rostlé uhelné sloje - jednotkový blok 7 - 7/II

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela Ad
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,90	108,90	44,00	1,37	149,28	11,39	6568,25
6,30	762,30	21,00	1,20	911,68	69,55	19145,30
1,75	211,75	19,00	1,18	249,86	19,06	4747,27
<b>8,95</b>	<b>1082,95</b>	<b>23,24</b>		<b>1310,82</b>	<b>100,00</b>	<b>30460,82</b>

**Tabulka 20**

Výpočet zásob v pilířích - jednotkový blok 7 - 7/II

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela Ad
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,90	51,30	44,00	1,37	70,32	11,39	3094,13
6,30	359,10	21,00	1,20	429,47	69,55	9018,86
1,75	99,75	19,00	1,18	117,70	19,06	2236,32
<b>8,95</b>	<b>510,15</b>	<b>23,24</b>		<b>617,49</b>	<b>100,00</b>	<b>14349,31</b>

**Tabulka 21**

Výpočet zásob v půdorysu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 7 - 7/II

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela Ad
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,82	52,48	13,00	1,13	59,29	8,80	770,72
6,30	403,20	21,00	1,20	482,21	71,58	10126,44
1,75	112,00	19,00	1,18	132,16	19,62	2510,95
<b>8,87</b>	<b>567,68</b>	<b>19,90</b>		<b>673,65</b>	<b>100,00</b>	<b>13408,12</b>

**Celkem zásoby jednotkového bloku 7 - 7/II po vyrubání 2. lávky****1291,14****27757,43****A<sup>d</sup>  
21,50**

**Tabulka 22**

Výpočet uhelných zásob rostlé sloje - redukovaný jednotkový blok 8 - 8/I

Mocnost vrstvy $h_i$ (m)	Objem vrstvy $v_i$ (m <sup>3</sup> )	Obsah $A^d$ (%)	Zdánlivá hustota (t.m <sup>-3</sup> )	Hmotnost (t)	Hmotnostní zastoupení (%)	Množství popela $A_d$ (kg.10 <sup>-1</sup> t)
1,94	234,74	23,00	1,21	284,43	24,22	6541,81
1,05	127,05	44,00	1,37	174,16	14,83	7662,96
4,95	598,95	21,00	1,20	716,32	60,99	15042,74
<b>7,94</b>	<b>960,74</b>	<b>24,89</b>		<b>1174,91</b>	<b>100,04</b>	<b>29247,51</b>

**Celkem zásoby jednotkového bloku 8 - 8/I**

**$A^d$**   
**1174,91      29247,51      24,89**

**Tabulka 23**

Zásoby tělesa zkušební bloku KU 300S/39 03/2008 standardní varianta

Profil	Zásoby jednotkového bloku (t)	Obsah popela $A^d$ (%)	Plocha (m <sup>2</sup> )	Počet jednotk.bloků v ploše (-)	Zásoby výpoč.tělesa (t)	Množství popela $A_d$ (kg.10 <sup>-1</sup> t)
4/I	1952,44	22,66	995,51	8,23	16063,42	363997,05
4/II	651,76	23,50	222,06	1,84	1196,11	28108,69
5/I	1986,89	21,03	1088,44	9,00	17872,81	375865,29
6/II	382,59	59,83	227,06	1,88	717,94	42954,42
7/I	2170,10	19,64	725,00	5,99	13002,67	255372,35
7/II	1291,14	21,50	363,00	3,00	3873,42	83278,53
8/I	1174,91	25,02	875,84	7,24	8504,41	212780,25
<b>Celkem</b>		<b>22,25</b>	<b>4496,91</b>	<b>37,16</b>	<b>61230,78</b>	<b>1362356,57</b>

Vyčíslení zásob závalové substance v prostoru vyrubaných komor je uvedeno v tabulkách 24 – 34.

**Tabulka 24**

Výpočet zásob v závalových pilířích po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 4 - 4/I

Mocnost vrstvy $h_i$ (m)	Objem vrstvy $v_i$ (m <sup>3</sup> )	Obsah $A^d$ (%)	Zdánlivá hustota (t.m <sup>-3</sup> )	Hmotnost (t)	Hmotnostní zastoupení (%)	Množství popela $A_d$ (kg.10 <sup>-1</sup> t)
1,60	91,20	23,00	1,21	110,50	11,79	2541,59
1,90	108,30	44,00	1,37	148,46	15,84	6532,06
<b>3,50</b>	<b>199,50</b>	<b>35,04</b>		<b>258,96</b>	<b>27,62</b>	<b>9073,65</b>

Tabulka 25

Výpočet zásob v závalu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 4 - 4/I

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela Ad
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,20	12,80	8,00	1,08	13,88	1,40	111,05
3,00	192,00	13,00	1,13	216,90	21,85	2819,72
3,20	192,00	12,70		230,78	23,25	2930,78

**Celkem zásoby závalové substance jednotkového bloku 4 - 4/I po vyrubání 2. lávky**

**A<sup>d</sup>**

**489,74      12004,43      24,51**

Tabulka 26

Výpočet zásob v závalových pilířích po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 5 - 5/I

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela Ad
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
2,80	159,60	23,00	1,21	193,38	56,57	4447,79
1,90	108,30	44,00	1,37	148,46	43,43	6532,06
4,70	267,90	32,12		341,84	100,00	10979,85

Tabulka 27

Výpočet zásob v závalu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 5 - 5/I

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela Ad
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
1,27	81,28	8,00	1,08	88,15	28,90	705,19
3,00	192,00	13,00	1,13	216,90	71,10	2819,72
4,27	273,28	11,56		305,05	100,00	3524,92

**Celkem zásoby závalové substance jednotkového bloku 5 - 5/I po vyrubání 2. lávky**

**A<sup>d</sup>**

**646,89      14504,76      22,42**

**Tabulka 28**

Výpočet zásob v závalových pilířích po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 6 - 6/II

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela $A_d$
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,30	17,10	23,00	1,21	20,72	12,25	476,55
1,90	108,30	44,00	1,37	148,46	87,75	6532,06
2,20	125,40	<b>41,43</b>		<b>169,18</b>	100,00	7008,61

**Tabulka 29**

Výpočet zásob závalu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 6 - 6/II

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela $A_d$
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,27	17,28	23,00	1,21	20,94	9,80	481,56
1,73	110,72	80,00	1,74	192,65	90,20	15412,22
2,00	128,00	<b>74,41</b>		<b>213,59</b>	100,00	15893,79

**Celkem zásoby závalové substance jednotkového bloku 6 - 6/II po vyrubání 2. lávky**

**$A^d$**   
**382,77      22902,40      59,83**

**Tabulka 30**

Výpočet zásob v závalových pilířích po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 7 - 7/I

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela $A_d$
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,45	25,65	13,00	1,13	28,98	2,74	376,70
3,70	210,90	23,00	1,21	255,54	24,16	5877,43
1,90	108,30	44,00	1,37	148,46	14,04	6532,06
6,05	344,85	<b>29,53</b>		<b>432,97</b>	40,94	12786,19

**Tabulka 31**

Výpočet zásob v závalu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 7 - 7/I

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela Ad
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,50	32,00	80,00	1,74	55,68	5,00	4454,40
2,00	128,00	8,00	1,08	138,82	12,48	1110,54
3,00	192,00	13,00	1,13	216,90	19,49	2819,72
5,50	352,00	<b>20,38</b>		<b>411,40</b>	36,98	8384,66

**Celkem zásoby závalové substance jednotkového bloku 7 - 7/I po vyrubání 2. lávky**

**A<sup>d</sup>**

**844,37      21170,85      25,07**

**Tabulka 32**

Výpočet zásob v závalových pilířích po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 7 - 7/II

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela Ad
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,90	51,30	44,00	1,37	70,32	11,39	3094,13
0,90	51,30	<b>44,00</b>		<b>70,32</b>	11,39	3094,13

**Tabulka 33**

Výpočet zásob v závalu komory po dobývání ve dvou lávkách - jednotkový blok 7 - 7/II

Mocnost vrstvy $h_i$	Objem vrstvy $v_i$	Obsah $A^d$	Zdánlivá hustota	Hmotnost	Hmotnostní zastoupení	Množství popela Ad
(m)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(t.m <sup>-3</sup> )	(t)	(%)	(kg.10 <sup>-1</sup> t)
0,82	52,48	13,00	1,13	59,29	8,80	770,72
0,82	52,48	<b>13,00</b>		<b>59,29</b>	8,80	770,72

**Celkem zásoby závalové substance jednotkového bloku 7 - 7/II po vyrubání 2. lávky**

**A<sup>d</sup>**

**129,61      3864,86      29,82**

**Tabulka 34**

Zásoby závalové substance tělesa zkušebního segmentu  
KU 300S/39 03/2008

Profil	Zásoby jednotkového bloku (t)	Obsah popela A <sup>d</sup> (%)	Plocha (m <sup>2</sup> )	Počet jednotk.bloků v ploše (-)	Zásoby výpoč.tělesa (t)	Množství popela Ad (kg.10 <sup>-1</sup> t)
4/I	489,74	24,51	995,51	8,23	4029,27	98757,29
5/I	646,89	22,42	1088,44	9,00	5819,02	130462,34
6/II	382,59	59,83	227,06	1,88	717,94	42954,42
7/I	844,37	25,07	725,00	5,99	5059,24	126835,19
7/II	129,61	29,82	363,00	3,00	388,83	11594,91
<b>Celkem</b>		<b>25,64</b>	<b>3399,01</b>	<b>28,09</b>	<b>16014,29</b>	<b>410604,15</b>

Komparace výpočtových metod jednotkového bloku, báňského modelu lomu a provozní evidence těžby segmentu KU 300S/39-03/2008 jsou zřejmé z tabulky 35.

**Tabulka 35**

Komparace výpočtových metod jednotkového bloku, báňského modelu lomu a provozní evidence těžby segmentu KU 300S/39-03/2008.

Metoda	Vypočtené zásoby – KU 300S/39					
	uhlí		výkliz		celkem	
	hmotnost	A <sup>d</sup>	hmotnost	A <sup>d</sup>	hmotnost	A <sup>d</sup>
	(t)	(%)	(t)	(%)	(t)	(%)
<b>Provozní evidence</b>					<b>60373,00</b>	<b>20,26</b>
<b>Báňský model</b>	48912,00	22,10	13771,00	23,00	<b>62683,00</b>	<b>22,30</b>
<b>Jednotkový blok</b>	45217,00	21,05	16014,00	25,64	<b>61231,00</b>	<b>22,25</b>

## 7.6. Dílčí závěr

Porovnání výpočtových metod s provozní evidencí je v dobré shodě, nepřekračující meze statistických chyb měření. Zde především proto, že podíl kubatur závalového pole byl nízký a výplň při patě komor druhé lávky byla tvořena rozvalem závalového výlomu pilířů 1. a 2. lávky, neporušených pilířů při patě 2. lávky a ochranných stropů obou lávek. Což je v souladu se současnými poznatky o závalovém procesu pro komorování na řízený zával ve



dvou lávkách. Kvantitativně se výsledky liší o pouhých 1,4%, resp. 3,7%. Rovněž v obsazích popela A<sup>d</sup> jsem nezaznamenal významné rozdíly.

**Výsledky prokazují, že zvolená metoda výpočtu je vhodná pro stanovení množství a kvality zásob ve slojích postižených předcházejícím komorováním na řízený zával.** Metodou průměrného jednotkového bloku lze relativně přesně určit stav zásob po hlubinném přerubání.

Přesnost vypočtených údajů je závislá na:

- přesnosti stanovení objemu těžného segmentu,
- správnosti výběru modelových průzkumných vrtů a stabilitě vývoje uhelné sloje,
- přesnosti odhadu průměrných parametrů jednotkového bloku.

Množství a kvalita uhelné substance vytěžené ze zbytkových zásob je dále závislá na stupni promíchání jednotlivých uhelných vrstev a závalových hornin, na změnách zrnitosti těžné substance narušené závalovým procesem a na přesnosti selektivní těžby nebo způsobu rozdělování těživa.

## 8. Popeloměr jako důležitý komponent rozdělovacího systému

V roce 1992 byl ve firmě Enelex, s.r.o., Chvaletice (dále jen ENELEX) dokončen vývoj radiometrického analyzátoru popelnatosti (dále jen popeloměru) GE 1100S. Přístroj si rychle získal velký podíl na českém trhu. Tyto gamapopeloměry se během dvou let staly základním článkem systémů pro řízení těžby ve všech hnědouhelných lomech v ČR. V roce 1997 byly doplněny o přídatnou jednotku poloautomatického etalonu, jež v provozech zvýšila rychlost a komfort jejich kontroly. V roce 2000 byl představen nový typ popeloměru GE 2000. Oproti starším typům bylo využitím nových technologií dosaženo zlepšení přesnosti, rychlosti a stability měření. Nový typ GE 3000, představený v roce 2008, ještě dále zlepšuje tyto vlastnosti a je uživatelsky přístupný ke všem typům nových komunikačních zařízení.

Hlavní výhodou přístroje je kontinuální vyhodnocení popelnatosti uhlí prošlého detekčním stupněm v reálném čase. Princip měření vychází ze závislosti zeslabení gamazáření při průchodu měřenou látkou. Vhodným zpracováním signálu je získávána informace o středním protonovém čísle prozařovaného materiálu. Za předpokladu, že nedochází k výrazným změnám v chemickém složení popelovin, platí jednoznačná závislost mezi středním protonovým číslem a popelnatostí uhlí.

Měřený vzorek je prozařován dvěma zdroji gamazáření. Oba svazky prozařují vzorek uhlí ve stejném místě a jsou detekovány sondou. Na základě vyhodnocení signálů je určena hodnota radioaktivního útlumu, která je úměrná popelnatosti měřeného uhlí. Díky kontinuálnímu měření umožňuje gamapopeloměr sledovat okamžité hodnoty obsahu nespalitelných látek (popelovin) on-line, a to přímo v uhlí na dopravníkovém pásu. Dokáže spočítat jeho prošlé množství a určit výhřevnou hodnotu.

Hodnota obsahu vody, využívaná při přepočtu na výhřevnost, je zadávána obsluhou, popřípadě automaticky z externího měřícího zařízení. Sledování prošlého množství těživa lze na základě zpracování matematického modelu profilu pasového dopravníku a měřených hodnot výšky vrstvy. Přístroj je možné kalibrovat na rozdílné typy uhlí. Přepnout kalibrační křivku lze z panelu přístroje nebo externě. Změřená data se automaticky ukládají nebo lze přenášet do nadřazeného systému a tam je upravit dle požadavků uživatele.

Detekční stupeň je umístěn na nosném rámu, instalovaném na pasovém dopravníku v místě měření. Obsahuje dva radioaktivní zářiče, uložené v ochranném kontejneru umístěném pod pasovým dopravníkem, detektor radioaktivního záření a inteligentní

matematickou jednotku. Detekční stupeň je konstruován s důrazem na maximální bezpečnost a spolehlivost.

Měřicí svazek radioaktivního záření je směřován pouze kolmo na dopravní pas, přičemž volný pohyb osob v okolí měřicího místa není nijak omezen. Řídicí stupeň, umístěný např. na operátorském pracovišti, zajišťuje snadné ovládání a přehledné zobrazení výsledků pomocí dotykového displeje. Ve skříní řídicího stupně jsou k dispozici přípojně body komunikačních rozhraní dalších analogových a digitálních vstupů a výstupů [10].

### 8.1. Možnosti nasazení kontinuálních popeloměrů

Jak bylo uvedeno, staly se gamapopeloměry ENELEX základním článkem systémů pro řízení těžby ve všech hnědouhelných lomech v ČR. Díky jejich konstrukci a provozním vlastnostem je možné je umístit přímo na některý z dopravníků na velkostroji (*Obr. 15*).



**Obrázek 15** Umístění detekční části gamapopeloměru na nakládacím pasu KU 300S.

Tam se stávají prvním kontrolním článkem systému řízení, kdy stanovují obsah popelovin právě po pásu procházejícího těženého uhlí, a poskytují tak prvotní informaci pracovníkům určeným k řízení těžby a jsou základním rozhodovacím nástrojem. Neméně důležitým parametrem v rozhodovacím procesu řízení těžby je i množství procházejícího materiálu. **Znalost obsahu popela a množství procházejícího po pásovém dopravníku jednotlivých velkostrojů umožňuje pracovníkům řídícím těžbu navrhnout kombinaci**

**velkostrojů a jejich výkonnost tak, aby se vytvořená směs uhlí co nejvíce přiblížila kvalitativním požadavkům odběratele.**

Podle rozsahu systému dálkové pásové dopravy na jednotlivých lomech jsou pak na určených místech nasazeny popeloměry pro ověření procházející směsi. V lomech, které jsou vybaveny homogenizační nebo jinou skládkou, ověřují popeloměry kvalitu procházejícího těživa na vstupních i výstupních dopravnících skládce. Na závěr celého řídicího procesu těžby ověřují konečnou směs na vstupu do nakládací stanice nebo třídírny. V třídírnách pak stanovují obsah popelovin v jednotlivých vytříděných frakcích. Gamapopeloměry využívají i odběratelé uhlí jako elektrárny a teplárny. Tam přístroje měří obsah popelovin na vstupech do kotlů a umožňují zefektivnit proces spalování uhlí.

I když existují místa, kde se gamapopeloměry ENELEX využívají jako referenční měřidla pro hodnocení kvality dodávaného uhlí (Elektrárna Tisová), ve většině lokalit se využívají jako orientační měřidlo ukazující trend vývoje kvality a množství. Okamžité hodnoty jsou sestavovány do přehledných grafů a křivek, aby byly číselné řady srozumitelnější pro obsluhu. Přesnost měření je ovlivněna především průběžně se měnícím prvkovým složením popelovin v právě dopravovaném uhlí, kontinuálně se měnící tloušťkou vrstvy a razantními změnami zrnitosti procházejícího těživa. Díky těmto vlivům nelze dosahovat stejné přesnosti jako u laboratorních přístrojů.

Podmínkou dosažení nejlepších hodnot přesnosti je vytvoření důsledného kalibračního systému. V něm jsou výsledky měření popeloměrů porovnávány s měřením provozních laboratoří nebo ještě lépe s hodnotami stanovenými klasickou metodou měření obsahu popela. Po stanovení regresních vztahů dostatečného množství vzorků je možné stanovit kalibrační konstantu pro daný popeloměr. Popsaný proces musí mít kontinuální charakter, aby jím byly zachyceny případné změny ve složení popelovin v uhlí při postupu těžby dobývané sloje.

## **9. Technické řešení rozdělování těživa z částí sloje zasažených předcházející hlubinnou těžbou**

### **9.1. Vývoj technického řešení v lomu Jiří**

Otvírkové práce lomu Jiří byly započaty v části sloje, která nebyla zasažena dolovým polem hlubinného dolu Marie Majerová. Proto nebyla dopravní technologie prvotně vybavována technickými zařízeními, umožňujícími rozdělování těživa ze závalových polí. Až do roku 2000 probíhala těžba lomu Jiří v panenské sloji, jen s ojedinělým výskytem důlních chodeb a jiných objektů. Na přelomu století se postup lomu přiblížil k prvním segmentům sloje zasažené předcházející hlubinnou těžbou.

Jak se lom začal přibližovat k dolovému poli Marie Majerová, byly zahájeny přípravy na těžbu v závalových polích. Postupně byl proveden vrtný průzkum a byly zpracovány studie, které měly zmapovat rozsah přerubání uhelné sloje. Z dolu Marie Majerová se zachovala poměrně přesná a podrobná mapová a měřičská dokumentace.

K prvotnímu odtěžování zavalených komor byl pořízen velký kolový nakladač a velkokapacitní terénní dempr. Nadložní jíly z komor v záběru velkostroje a jiný materiál, pocházející z předešlé hlubinné těžby, byl odtěžován přehozem na hromady na pracovní plošinu za velkostroj. Nakladač nakládal tyto hromady na dempr a ten vyvážel rubaninu přes celý lom na vnitřní výsypku. Toto řešení bylo velmi nákladné a vyhovovalo při stupni přerubání sloje do 10%. Znamenalo přijmout 2 pracovníky jako obsluhu uvedených strojů. Zvýšily se náklady na palivo a údržbu obou strojů. Postupně bylo nutné posílit vyvážení nasazením dalších terénních nákladních automobilů. Výrazně se snížil i výkon velkostroje, omezovaný častým přetáčením nakládacího výložníku mimo pásový dopravník na místo určené k přehozu a zpět.

Tento způsob brzy přestal stačit narůstajícím potřebám. Využívá se sice nadále, ale v daleko menší míře a pouze k vyvážení takového materiálu ze závalových polí, který by způsoboval poruchy a prostoje pásových dopravníků, jako jsou zbytky výdřevy a kovový odpad. Takový materiál je vybírán přímo na velkostroji.

Souběžně se zavedením pomocné mechanizace na vyvážení přeházeného vyklizeného těživa jsme hledali řešení, které by neomezovalo tak výrazně výkon velkostroje a bylo kompatibilní se systémem dálkové pásové dopravy (dále jen DPD). K řešení tohoto úkolu jsem byl určen jako koordinátor a zástupce těžební sekce.

Úkol byl zadán Výzkumnému ústavu pro hnědé uhlí (dále jen VÚHU) v Mostě. Řešitelská skupina VÚHU nabídla několik variant řešení. Z nich byla vybrána varianta využívající k rozdělování těživa klapku umístěnou na shazovacím voze.

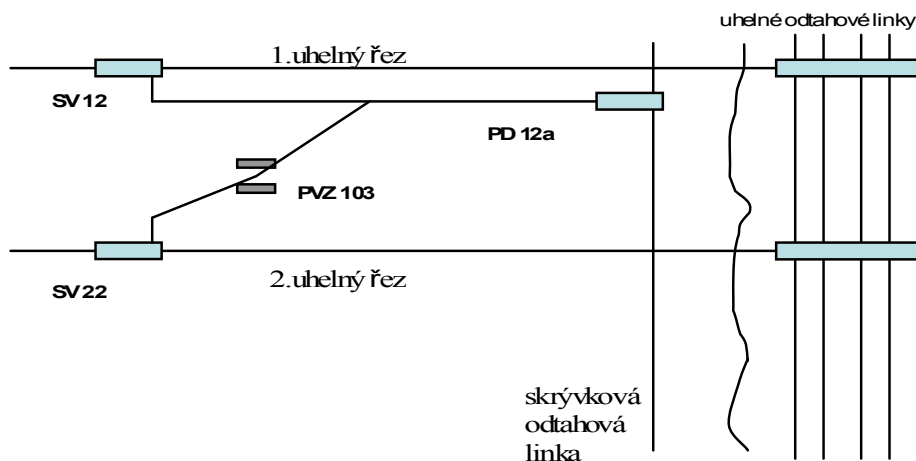
Vybraný projekt navrhoval upravit standardní shazovací vůz (dále jen SV), vsadit ho do prvního pásového dopravníku na uhelném řezu a paralelně podél tohoto dopravníku vystavět krátký pásový dopravník, poháněný lehkou jednopohonovou stanicí s prodlouženou špičkou. Smyčková část SV byla převzata bez větších úprav. Část SV s otočí a předávacím dopravníkem je upravena výrazněji. Úpravy spočívají ve vestavění násypky s hydraulicky ovládanou klapkou a v upevnění původně otočného krátkého pásu do jednoho směru. Účelem náhrady otoče klapkou je rychlejší změna směru toku materiálu. Klapka v násypce směřuje tok materiálu zpět na hlavní pás SV (uhlí) nebo na krátký pásek (výkliz). Výkliz padá z pásu na krátký paralelní pás, který je zaústěn na skrývkový pásový dopravník. Kvůli větší pádové výšce z prodloužené špičky lehké poháněcí stanice je technologie doplněna o násypku se zuboválcovým drtičem.

Výhodou, která výrazně ovlivnila výběr tohoto řešení, byla dostupnost. V lomu Jiří se nacházelo několik odstavených shazovacích vozů i poháněcích stanic, které byly vhodné k úpravě a rekonstrukci. To znamenalo i nižší pořizovací náklady celé technologie. Jako velká nevýhoda se postupně projevila mobilita. Protože shazovací vůz byl součástí porubního dopravníku, musel být přestavován společně s ním, a to znamenalo obtížné a zdlouhavé přestavby pásového dopravníku.

Původní návrh byl připraven pro 1. uhelný řez lomu Jiří, kde se zavalené komory vyskytly nejdříve. Při dalším rozpracování bylo rozhodnuto, že se stejný způsob aplikuje i ve 2. uhelném řezu, kde se měly komorové poruby objevit později. Shazovací vůz z 2. řezu měl být propojen s krátkým paralelním pásovým dopravníkem přes pásový vůz zakládací (dále jen PVZ). Takto připravený projekt byl schválen a zadán Báňským projektům, s.r.o., Ostrov (dále jen BPO) k dalšímu rozpracování.

Během roku 2001 byl připraven prováděcí projekt a na jaře 2002 byla započata realizace stavby. Termín ukončení byl 30. 10. 2002. Realizaci stavby provedla firma Klement, s.r.o. Řehlovice. Na realizaci celého projektu a jeho uvedení do provozu jsem měl velký podíl.

Původní rozmístění technologie rozdělování těživa je patrné z obrázku 16.



**Obrázek 16** Původní rozmístění technologie rozdělování těživa v lomu Jiří.

Hned v prvním roce provozu se naplno projevíly výhody instalovaného systému rozdělování těživa. Důsledným uplatňováním selektivní těžby při těžbě zavalených komor v 1. řezu se zvýšila výtěžnost až o 25%. Dařilo se vybírat uhlí s nízkým obsahem popela a síry z mezikomorových pilířů. Toto uhlí, i když má menší příměsi hlušiny, nachází uplatnění ve zpracovatelské části Sokolovské uhelné.

Když jsem prováděl vyhodnocení investic vložených do rozdělování těživa, které se podle interních pravidel Sokolovské uhelné provádí po 2 letech provozu, tak se ukázalo, že se vložené náklady vrátily během jediného roku. Taková byla úspora nákladů, které by jinak musely být vynaloženy na převážení přeházených výklizových hmot od velkostrojů na vnitřní výsypku dřívějším způsobem, tj. nákladními automobily.

Další výhodou bylo snadné ovládání a obsluha celého systému rozdělování těživa. Soustava byla zařazena do řídicího systému dálkové pásové dopravy a ovládána centrálně z dispečinku. Obsluha SV zařízení pouze čistí a kontroluje.

Projevíly se ale i slabiny systému. Klapka na shazovacím voze a válcový drtič nad skrývkovým pásem jsou citlivá místa. Často docházelo k zavalování nebo k zalepení těchto částí, především při zhoršených povětrnostních podmínkách. Potvrdily se také obavy z přestaveb. Pracovní plošina pro přestavbu shazovacího vozu musela být rovná a řádně

odvodněná. Při přestavbě pojížděl shazovací vůz vždy na přestavěnou část pásového dopravníku a to přestavbu zdržovalo. Další zdržení představovala přestavba krátkého dopravníku s lehkou poháněcí stanicí a přetažení válcového drtiče do nového postavení. K překonání uvedených překážek byla nutná důkladná příprava, správné načasování a přesná koordinace přestavbářských prací.

Spolupráce s VÚHU Most pokračovala i při zprovoznění celého systému rozdělování těživa ze závalových polí a při ověřování jeho provozních vlastností. Společně Ing. Pavlem Ruckým, Ph.D. jsme řešili umístění kontinuálního popeloměru ENELEX GE 2000 na shazovacím voze, které by zajistilo automatické rozdělování toku těžného materiálu a nalezení optimální míry kontaminace uhlí nadložními jíly při zachování ostatních kvalitativních parametrů. Při řešení jsme úzce spolupracovali s výrobcem popeloměru, firmou ENELEX.

Základem úspěšného vyřešení nastolených úkolů byl odběr velkého počtu vzorků. Metodika odběru, zpracování a hodnocení byla rozpracována a realizována podle zásad ČSN 44 1313 – ISO 5069 – 1 a návazných ISO norem 5069 – 2, 5068, a 1213. Na základě těchto zásad jsem vypracoval postup odběrů a zpracování vzorků. Jednotlivé dílčí vzorky uhlí byly odebírány ze zastaveného a zajištěného pásového dopravníku před a za shazovacím vozem. Vzorky výklizu byly odebírány z krátkého výklizového dopravníku. Ze stejného úseku, ze kterého byly odebírány vzorky, byl souběžně popeloměrem zaznamenáván průměrný obsah popela daného úseku.

Už při prvních odběrech se projevíly velké rozdíly výsledků naměřených popeloměrem vůči parametrům získaným ze vzorkování těživa na pase. Největší rozdíly byly, pokud se v dopravovaném těživu ve větší míře vyskytovaly nadložní cyprisové jíly. Při konzultacích s výrobcem popeloměru, firmou ENELEX, se ukázalo, že popeloměr není nastaven tak, aby mohl vyhodnocovat obsah popela v jílu. Aby popeloměr splňoval tento požadavek, bylo nutné přeprogramovat základní vyhodnocovací algoritmus popeloměru.

První odběry také poukázaly na nevhodné umístění detekční části popeloměru 2 m od přesypu přímo nad rozdělovací klapkou, jak je patrné z obrázku 17. Překlopení hydraulicky ovládané klapky zabere přibližně 3 sekundy a již po 2 sekundách dochází k překlopení těživa na druhý dopravník. Popeloměr provádí měření každou sekundu, ale aby nedocházelo k příliš častému překlápění klapky, je nutné ponechat určitý interval na vyhodnocení stavu měřeného těživa. Při rychlosti  $4 \text{ m.s}^{-1}$  a výkonu až  $1500 \text{ t.h}^{-1}$  by mohlo dojít při automatickém způsobu rozdělování k nepřijatelné kontaminaci uhlí hlušinou.





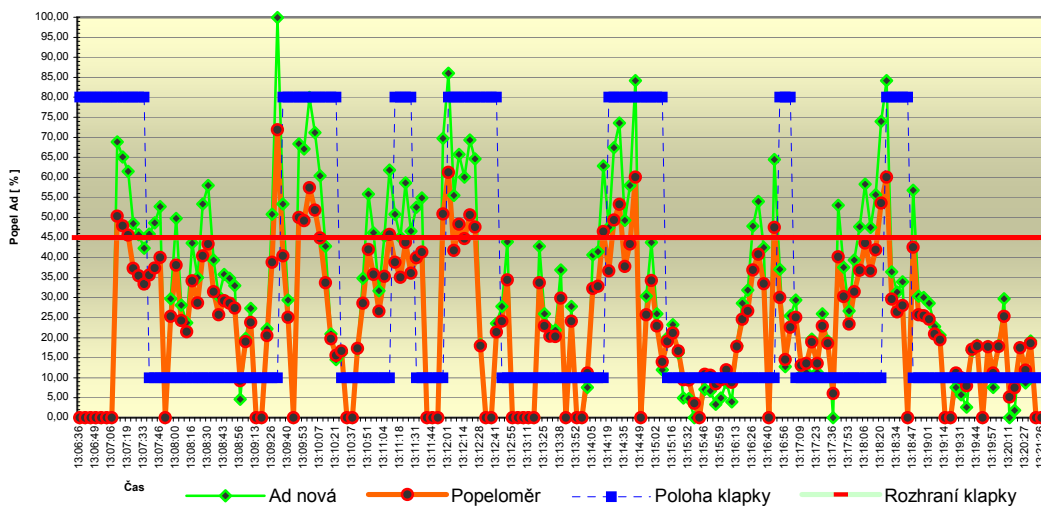
**Obrázek 17** Původní umístění popeloměru Enelex u přesypu shazovacího vozu nad PD.

Do vyřešení výše uvedených nedostatků byly odběry vzorků s VÚHU Most přerušeny. Přemístit popeloměr tak, aby byl získán dostatek času na vyhodnocení toku přepravovaného těživa, znamenalo umístit ho mimo shazovací vůz zpět proti směru toku na porubní dopravník. Pak ale vyvstal problém s napájením popeloměru a s přenosem naměřených dat. Navíc by prostor mezi popeloměrem a shazovacím vozem nebyl popeloměrem monitorován. Nakonec bylo rozhodnuto o přesunutí detekční části popeloměru na začátek náběhového dílu shazovacího vozu, tj. o 30 m zpět proti toku materiálu. Nové umístění popeloměru vyznačuje šipka na obrázku 18.



**Obrázek 18** Shazovací vůz SV12 s přemístěným popeloměrem.

Firma ENELEX vyhodnotila dodaná měření a upravila základní algoritmus popeloměru tak, aby byl schopen měřit obsah popela i v jílu. Grafické znázornění změny nastavení popeloměru je na obrázku 19.



**Obrázek 19** Graf porovnání hodnot obsahu popela naměřených kontinuálním popeloměrem GE 2000 před (Popeloměr) a po úpravě (Ad nová) s vyznačením polohy klapky [8].

Po těchto úpravách jsme opět započali s odběry vzorků. Cílem vzorkování byla dynamická kalibrace popeloměru pro směsi uhlí-jíl a stanovení mezní hodnoty popela, která by byla impulsem pro překlopení klapky do směru na výkliz. Za tímto účelem bylo odebráno několik sad vzorků, které byly zpracovány částečně na místě, vzápětí po odběru. Upravené

vzorky byly převezeny k dalšímu zpracování ve VÚHU. Pro stanovení mezní hodnoty popela bylo prováděno i vizuální pozorování směsi uhlí-hlušina přímo na jedoucím pásovém dopravníku porovnáváné s okamžitými hodnotami naměřenými popeloměrem v reálném čase. Výsledek nastavení byl opět potvrzen odběrem a zpracováním vzorků ve VÚHU. Takto byla nastavena mezní hodnota mezi směsí uhlí nadloží a výklizem.

## 9.2. Nové využití vyvinuté technologie

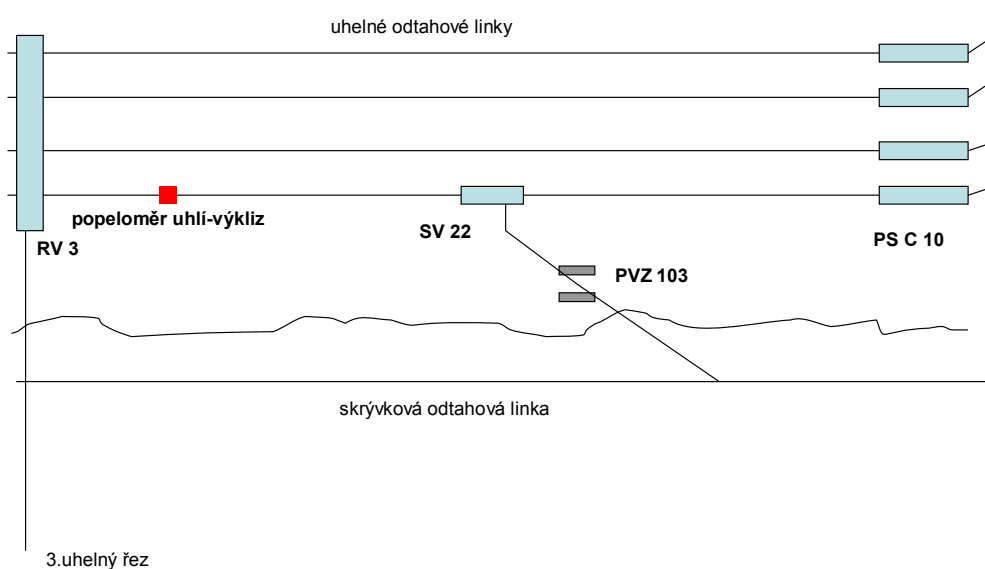
Všechny výše uvedené zkoušky a nastavení byly realizovány na shazovacím voze umístěném na 1. uhelném řezu lomu Jiří. Shazovací vůz na 2. uhelném řezu byl nainstalován do pásového dopravníku a proběhl na něm zkušební provoz. Po několika složitých přestavbách byl z dopravníku vyřazen a pouze popotahován po každé přestavbě pásového dopravníku za ním. Ve 2. řezu se zatím polohy pro selektivní těžbu nevyskytovaly.

Mezitím se ve 3. uhelném řezu, neosazeném žádným rozdělovacím prvkem, začaly objevovat polohy nebilančního uhlí s vysokým obsahem síry a mocné jílovité proplástky s tvrdými pelokarbonátovými čočkami. Selekcí těchto neodbyvatelných poloh jsme opět řešili přehozem, v tomto případě směrem k patě vnitřní výsypky, nebo odtěžováním do výklizových souprav, přistavovaných na nakládací stanici. Přeházené hmoty překážely postupu velkostroje ve 3. uhelném řezu, a než byly přesypány vnitřní výsypkou, docházelo k jejich samovznícení. Odtěžování do výklizových souprav znamenalo velké prostoje při přístavbě a střídání souprav na nakládací stanici a ohrožení jedné z hlavních sběrných pásových linek lomu Jiří závailem nebo poškozením pásového dopravníku. Podle geologického průzkumu měl podíl těchto poloh ve 3. řezu prudce narůstat.

Řešením tohoto problému jsem se zabýval společně se svými spolupracovníky ze sekce Těžba uhlí, divize Jiří. Využili jsme odstavení velkostroje KU300S/18 do generální opravy, kdy se na půl roku uvolnil PVZ 2500/103, který byl k velkostroji připojen. Řešení jsme našli v obnovení původního spojení shazovacího vozu SV 22 ze 2. uhelného řezu a uvedeného PVZ, ale na jiném místě.

Naplánovali jsme a provedli náročný transport shazovacího a pásového vozu z horizontu 350 m n.m., tj. z plošiny 3. uhelného řezu, na horizont 375 m n.m., kde se nacházejí koncové dopravníky odtahových uhelných linek lomu Jiří. Shazovací vůz byl vsazen do linky C ve směru toku materiálu až za poslední vynášecí most ze 3. uhelného řezu. Linka C jako jediná ze 4 sběrných linek lomu Jiří nemá drtič a dopravuje se po ní uhlí pro vsázku do zpracovatelské části Sokolovské uhelné, které je jinak možné přepravovat po

zbývajících 3 linkách. Na shazovací vůz byl napojen pásový vůz, který byl umístěn tak, aby dosáhl na skřývkový pásový dopravník PD 5, položený o řez níže na kótě 365 m n.m.. Pásový vůz nesypal těživo přímo na pásový dopravník, ale do zuboválcového drtiče s násypkou, který drtil dopravovaný materiál a eliminoval pádovou výšku. Celou sestavu obsluhovali dva pracovníci, obsluha SV a řidič PVZ. Nové rozestavení rozdělování těživa je patrné z obrázku 20 a 21.



**Obrázek 20** Schéma nového rozestavení rozdělování těživa.



**Obrázek 21** *Nové nasazení shazovacího vozu SV 22 ve spojení PVZ 2500/103.*

Ke spuštění celé technologie došlo na začátku června 2007. Od 1. června 2007 do 26. května 2010 přes ní bylo dopraveno a uloženo na vnitřní výsypku lomu Jiří skoro 550 000 m<sup>3</sup> výklizových hmot ze závalových polí, ale i nebilančního uhlí s vysokým obsahem síry nebo mocné jílovité proplástky. Toto množství představuje přes 2000 výklizových souprav, kterými by toto množství muselo být převezeno na vnější výsypky. Výklizové soupravy nebyly blokovány dopravou výklizu z lomu Jiří a byly plně k dispozici pro zakládání lomu Družba, druhého lomu Sokolovské uhelné.

Pro rok 2010 se mi podařilo prosadit další změnu rozdělovacího systému lomu Jiří. Pásový vůz zakládací PVZ 2500/103 byl nahrazen propojovacím krátkým pásem. PVZ bude využit na jiném místě v lomu Jiří a celý rozdělovací systém obsluhuje pouze obsluha SV. Řízení procesu rozdělování stále zůstává v kompetenci dispečera DPD. Celý systém se tak zjednodušil a měl by vykazovat i větší spolehlivost. Systém byl spuštěn 10. června 2010.

### **9.3. Rozdělování toku uhlí s různou kvalitou**

Teoretické i praktické zkoumání stavu zásob po hlubinné těžbě a analýzy závalového procesu, výsledky výpočtu množství a kvality zásob metodou průměrného jednotkového bloku a praktické zkušenosti s vydělováním odklizu mě vedly k myšlence využít kontinuální popeloměr ve spojení s nějakým rozdělovacím zařízením k selekci toku uhlí s různou kvalitou. Takovou sestavu lze použít především tam, kde je nemožné nebo obtížné rozlišit rozdílnou kvalitu jinými způsoby, např. z geologického modelu nebo na základě zkušeností

z vrstevného sledu. Jde o části sloje zasažené předcházející hlubinnou těžbou, ve kterých došlo k velkému promísení jednotlivých vrstev, nebo v místech výrazně narušených tektonickými poruchami, kde došlo k posunu vrstev vůči sobě.

Například u slojí dobývaných komorováním na řízený zával v lávkách se ve druhých a třetích lávkách vedle sebe vyskytují kvalitativně odlišné vrstvy rozrušené závalem i rostlé uhlí ponechané v mezikomorových pilířích. Aby bylo možné alespoň teoreticky určit polohu těchto nových horizontů, provádí se analýza závalového procesu. Simulací závalu lze popsat úbytky uhelné substance, přesuny hmot, nové polohy jednotlivých vrstev. Z analýzy závalového procesu vychází schémata jednotlivých fází závalu. Teoreticky je možné stanovit kvalitu uhlí v nově vzniklých horizontech pomocí kvalitativních profilů vybraných průzkumných vrtů po analýze plošného situování lávek, jejich výškového rozsahu a po stanovení hlubinné výtěžnosti v jednotlivých polohách. Tak lze určit schematicky jakési zóny v přerubané sloji s předpokládanou kvalitou (*Obr. 22*).



**Obrázek 22** Schéma analýzy bloku I. a II. lávky po vytěžení komor ve II. lávce při umístění komor nad sebou.

Při vizuální prohlídce takto postižené části sloje nejsou jednotlivé polohy jasně patrné. Struktura je nehomogenní. Nelze rozeznat dominantní proplástky. Z hlediska určení kvality je taková sloj velmi nepřehledná. Přesto při porovnání schematického nákresu závalu a



skutečného stavu v konkrétním místě sloje lze nalézt shodné polohy a z nich odvodit jasné patrné kvalitativní zóny (Obr. 23).



**Obrázek 23:** Schéma analýzy konkrétní komory v těžené sloji.

Obdobně lze nalézt určité zóny v toku materiálu odtěženého z konkrétního místa sloje tak, jak jej zaznamenává kontinuální popeloměr. Tabulka 36 ukazuje autentický záznam z popeloměru na shazovacím vozu. Modře probarvená čísla jsou měřené hodnoty popela při směřování na výkliz. Červeně podbarvené jsou časy překlopení klapky při kvalitativní změně toku těživa.

**Tabulka 36**

Autentický záznam z popeloměru, doplněný o barevné označení kvalitativních zón.

Čas (hh:mm)	Ad (%)	Výkon (t.h <sup>-1</sup> )	Kvalitativní zóna
13:04	52,3	876	Jíl z nadloží
13:05	47	744	
13:06	48,7	978	
13:07	54,9	1224	
13:08	51,2	1014	
13:09	46	834	
13:10	50	894	
13:11	50	894	
13:12	45,6	666	
13:13	52,2	1404	
13:14	63	1272	
13:15	54,8	1290	
13:16	55,7	1494	
13:17	58,3	2052	
13:18	48,4	798	
13:19	50,7	1248	
13:20	44,3	888	
13:21	60,2	906	
13:22	61,3	1020	
13:23	58,5	1050	
13:24	0	168	
13:25	0	648	
13:26	30,7	750	
13:27	31,7	618	
13:28	0	228	
13:29	0	228	
13:30	0	282	
13:31	0	672	
13:32	0	858	
13:33	45,4	522	
13:34	46,1	246	
13:35	0	240	
13:36	0	600	
13:37	29,5	540	
13:38	0	522	
13:39	0	558	
13:40	9,7	528	Rostlé uhlí v pilíři l.lávky
13:41	7,6	648	
13:42	11,4	588	
13:43	13,3	540	
13:44	12,1	636	
13:45	12,1	636	
13:46	17,6	402	
13:47	6,5	552	
13:48	0	378	



13:49	0	468	
13:50	0	600	
13:51	11,6	834	
13:52	17	666	Rostlé uhlí v piliři II.lávky
13:53	16,4	498	
13:54	19,3	594	
13:55	20,8	504	
13:56	22,2	360	
13:57	15,3	828	
13:58	23,1	600	

Uvedený záznam je z VISu Sokolovské uhelné. Jde o zjednodušenou verzi původního záznamu firmy MIP (tab.3).

Vysvětlivky k záznamu:

**Čas** – časová řada ve dvouminutových intervalech měření popeloměru,

**A<sup>d</sup>** – obsah popela v bezvodém vzorku v procentech,

**Výkon** – množství procházejícího těživa v t.h<sup>-1</sup>,

**Kvalitativní zóna** – označení úseků toku s různou kvalitou.

Popeloměr je schopný na základě měření pruh toku kvalitního uhlí na pásovém dopravníku vymezit a vyslat pokyn rozdělovacímu zařízení k přesměrování vymezeného pruhu na jiný dopravník. V zájmu zachování kontinuity provozu je nutné volit zařízení s velmi krátkým reakčním časem. Jako optimální se jeví hydraulicky nebo pneumaticky ovládaná klapka nebo stírací pluh, které mění svoji polohu v jednotkách sekund. Naopak nevhodné jsou výsuvové hlavy nebo rozdělování prostřednictvím pásových vozů. Jejich reakční čas je velmi dlouhý a vyžadují zastavení následujících pásových dopravníků.

#### 9.4. Dílčí závěr

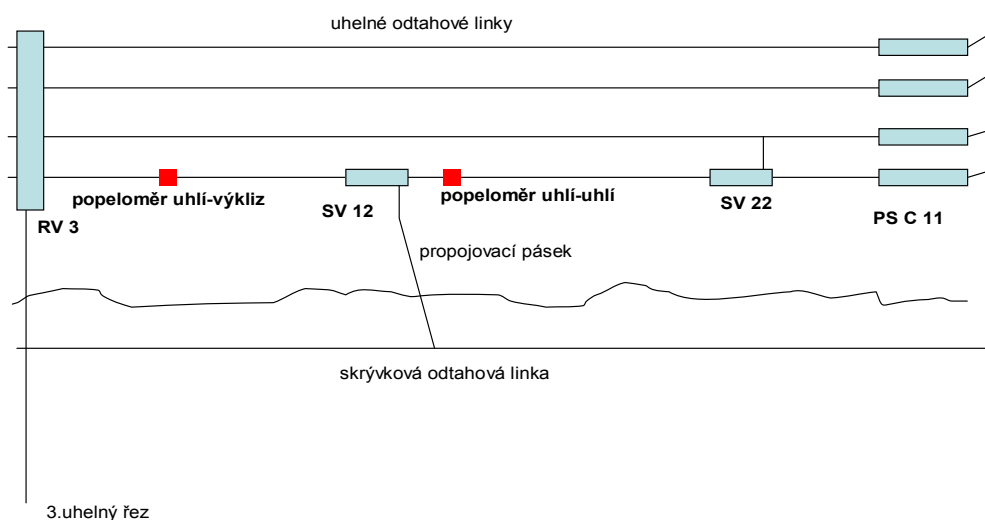
V lomu Jiří se podařilo aplikovat automatický rozdělovací systém na místní podmínky. Určujícím faktorem je především vysoký výskyt částí sloje přerubaných bývalou hlubinnou těžbou. Díky teoretickým a praktickým znalostem podmínek dobývání metodou komorování na řízený zával i poznání stavu reziduálních zásob ve sloji, tímto dobýváním zasažené, byl zvolen optimální rozdělovací systém zajišťující kontinuitu používané dopravní technologie při efektivním využití rozdělovací funkce zařízení.

## **10. Nasazení rozdělovacího systému v lomech Jiří a Družba**

### **10.1. Lom Jiří**

Další využití rozdělovacího systému na lomu Jiří je v podstatě připraveno. Jak jsem již uvedl, v letošním roce proběhla úprava rozdělovacího systému. Pásový vůz PVZ 2500/103 byl ze sestavy vyjmut a nahrazen krátkým propojovacím pásovým dopravníkem, ukotveným na konstrukci drtiče. Shazovací vůz SV 12 byl vsazen do pásového dopravníku C11 a přes dopravník propojen s odtahovým skryvkovým dopravníkem. Tudy probíhá odtah vyděleného odklizu. Na návrhu tohoto řešení jsem se aktivně podílel a prosadil jsem jeho realizaci.

Druhý shazovací vůz SV 22 je k dispozici. Po rekonstrukci, která spočívá v otočení vynášecího krátkého dopravníku do opačného směru, může být shazovací vůz nasazen do technologie. Pak postačí dokoupit druhý popeloměr na vydělování různých kvalit uhlí. Optimální místo pro nasazení celého systému je na pásovém dopravníku C11 před poháněcí stanicí. Zde lze vydělovat odkliz ze všech tří uhelných řezů lomu Jiří a následně provádět rozdělování různých kvalit uhlí mezi dvěma vedle sebe položenými linkami C a D. Okamžitému nasazení systému momentálně brání malá vzdálenost mezi poháněcí stanicí C 11 a rozdělovacím vozem RV3. Až dojde postupem porubní fronty k prodloužení této vzdálenosti na potřebnou délku, může být celý rozdělovací systém zprovozněn. Návrh uspořádání rozdělovacího systému pro dopravní technologii lomu Jiří je znázorněn na obrázku 24.



**Obrázek 24** Návrh uspořádání rozdělovacího systému pro dopravní technologii lomu Jiří.

Náklady na navrhované řešení

rekonstrukce 1 ks shazovacího vozu	3 mil. Kč
<u>nákup a montáž 1 ks kontinuálního popeloměru ENELEX GE 3000</u>	<u>1,2 mil. Kč</u>
celkem	4,2 mil. Kč

Při výpočtu vycházím z nákladů na letošní obdobnou rekonstrukci shazovacího vozu SV 12. Cena 3 mil. Kč za rekonstrukci zahrnuje náklady na úpravy konstrukce a úpravu řídicího systému. Předpokládám, že rekonstruovaný shazovací vůz je jinak funkční a nevyžaduje další opravy. Cena za 1ks kontinuálního popeloměru ENELEX GE 3000 je nabídková cena firmy ENELEX s.r.o. Chvaletice pro velké odběratele na rok 2010.

## 10.2. Lom Družba

Na přelomu tisíciletí oba hnědouhelné lomy Sokolovské uhelné, Jiří i Družba, víceméně nezávisle řešily problém vydělování odklizu při těžbě ze slojí zasažených bývalou hlubinnou těžbou. Lom Družba společně s tím řešil i specifický problém vydělování tuftických jíílů. Díky spojení obou problémů přistoupili pracovníci lomu Družba k řešení

komplexněji a osadili všechny porubní pásové dopravníky rozdělovacím zařízením. Toky materiálu na všech porubních linkách jsou monitorovány kontinuálními popeloměry.

Uhelné linky jsou osazeny hydraulicky ovládanými klapkami (*Obr.25*), které umožňují vydělování odklizu na pásový dopravník PD 51 a přes klapku v přesypu z PD 51 na PD 5 lze odklíz směřovat na vnitřní výsypku.



**Obrázek 25** Rozdělovací klapky v dopravní technologii lomu Družba.

Pásový dopravník PD 5 pokračuje dále na terminál uhelného meziproduktu, a tak lze v tomto směru vydělovat i požadovanou kvalitu uhlí. Současné umístění popeloměrů na náběhových dílech dopravníků PD 22 a 32 není příliš vhodné pro automatické rozdělování těživa. Popeloměry jsou umístěny příliš blízko před klapkou. Čas na vyhodnocení toku je příliš krátký. V automatickém režimu dochází k častému překlápění klapky a k nepřipustné kontaminaci uhlí odklizem.

Při posunutí popeloměrů na poháněcí stanice PD 23 a 33 a doplnění nového popeloměru na dopravník PD 51 bezprostředně za klapku z dopravníku PD 32 by mohl automatický systém rozdělování toku materiálu dobře fungovat. Do linky na smíšeném řezu je vsazen pásový vůz. Ten neumožňuje kontinuální rozdělování, ale při napojení na dopravník PD 51 s osazeným popeloměrem by i ze smíšeného řezu mohlo probíhat vydělování uhlí-výklíz mezi terminálem a vnitřní výsypkou. Schéma pásové dopravy lomu Družba s vyznačením návrhu nového umístění popeloměrů je v příloze P.

Náklady na navrhované řešení

nákup a montáž 1 ks kontinuálního popeloměru ENELEX GE 3000      1,2 mil. Kč

Přesazení 2 ks původních popeloměrů ENELEX by bylo provedeno v rámci servisní smlouvy.

## **11. Možnosti nasazení v ostatních lokalitách v ČR**

Protože navržený rozdělovací systém vykazuje dobré výsledky při nasazení v lomu Jiří, zkoumal jsem možnosti jeho nasazení i na ostatních provozovaných hnědouhelných lomech v České republice. Jedná se o lomy:

Lom Březno-Libouš – Severočeské doly, a.s., Chomutov

Lom ČSA – Litvínovská uhelná, a.s., Most

Lom Vršany – Vršanská uhelná, a.s., Most

Lom Bílina - Severočeské doly, a.s., Chomutov

### **11.1. Nasazení rozdělovacího systému v lomu Březno-Libouš**

Uhlí v lomu Březno-Libouš je dobýváno dvěma rýpadly KU 300 a dvěma rýpadly K 800N a dopravováno pásovými dopravníky buď přímo na ústřední drtírnu, nebo na homogenizační skládku vybavenou dvěma skládkovými stroji KSS 4000/3500.

Lom využívá k vynášení uhlí z lomu na odtahové pásové dopravníky pásové vozy zakládací. Při změně volby odtahové linky musí dojít k zastavení porubní linky až k velkostroji. Při selektivní těžbě je to velmi nevýhodné. Těžba ztrácí na plynulosti. Snižuje se výkon. Přesto je automatické vydělování odklizu z lomu možné. Schéma navrhovaného řešení je v příloze Q.

Kvůli výskytu uhlí ve skrývkových řezech lomu Březno-Libouš jsou všechny odtahové skrývkové linky vybaveny hydraulicky ovládanými stíracími pluhy. Pluhy srážejí případný tok uhlí v místech křížení na uhelnou odtahovou linku. Umístění pluhy v technologii je na obrázku 26. Pro automatické kontinuální vydělování uhlí z toku skrývky je to velmi dobré řešení. Před stírací pluhy postačí nasadit popeloměry v dostatečné vzdálenosti, aby proces vyhodnocení toku zahrnoval i reakční dobu spouštění nebo zvedání pluhy, a rozdělovací systém bude plně funkční.



**Obrázek 26** Umístění stíracích pluhů v dopravní technologii lomu Březno-Libouš.

### 11.2. Nasazení rozdělovacího systému ve Velkolomu Československé armády

Uhlí v lomu Československé armády (dále jen ČSA) je dobýváno dvěma rýpadly KU 300 a jedním rýpadlem KU 300 S a dopravováno pásovými dopravníky na homogenizační drtírnu a odtud kolejovou dopravou do úpravny uhlí v Komořanech.

Lom ČSA je vybaven zařízením na vydělování odklizu z toku materiálu. Na odtahových uhelných dopravnících jsou upravené shazovací vozy bez vynášecích pásků. Na dopravníky je veden kolmo odklizový dopravník a v místě křížení leží na mostní konstrukci se zabudovanými násypkami a skluzy. Pojezdem shazovacích vozů je tok materiálu směřován do násypky v případě těžby výklizu nebo na skluz v případě těžby uhlí. Skluz usměrní tok materiálu zpět na původní dopravník. Na jednom ze shazovacích vozů je obsluha, která dálkově ovládá druhý vůz. Přejezd se provádí za chodu dopravníku, ale s krátkodobým vynecháním těživa. Rýpadlo přestane na chvíli těžit a během mezery v toku těživa shazovací vůz přejede. Odkliz putuje k zakládacímu pásovému vozu na vnitřní výsypku. Celý systém lze doplnit několika komponenty. Schéma doplnění stávajícího řešení rozdělování těživa je v příloze R. Řešení pro lom ČSA je ovšem poměrně komplikované a nákladné.

### 11.3. Nasazení rozdělovacího systému v lomu Vršany

Uhlí v lomu Vršany je dobýváno jedním rýpadlem KU 300 a jedním rýpadlem KU 300S a dopravováno pásovými dopravníky k rozdělovací stanici s výsuvovými hlavami. Uhlí

dále putuje na homogenizační skládku se skládkovými stroji U-SSK nebo na nakládací zásobník závodu Hrabák a odtud kolejovou dopravou rozchodu 1435 mm do elektrárny Počerady.

Lom Vršany má rozdělovací systém výsuvovými hlavami. Ten neumožňuje automatické kontinuální rozdělování toku těžného materiálu. Vyžaduje důslednou selektivní těžbu z částí sloje zasažené předcházející hlubinnou těžbou nebo z partií s velkým nahromaděním tektonických poruch. Při každé změně směru toku z dopravníku na dopravník je nutné alespoň přerušit těžbu nebo případně úplně zastavit přejíždějící dopravník. To znamená ztrátu kontinuity dobývání a výrazné omezení výkonu. Zavedení automatického rozdělovacího systému v lomu Vršany by bylo velmi složité a příliš nákladné. Vyžádalo by si demontáž výsuvových hlav a jejich náhradu za rozdělovací vozy se systémem klapek. Proto nasazení rozdělovacího systému nenavrhují.

#### **11.4. Nasazení rozdělovacího systému v lomu Bílina**

Uhlí je dobýváno výhradně rýpadly KU 300 a dopravováno pásovými dopravníky přímo na úpravnu Ledvice nebo na homogenizační skládku, vybavenou dvěma skládkovými stroji U SSK.

Lom Bílina také využívá k vynášení uhlí z lomu na odtahové pásové dopravníky pásové vozy zakládací. To má stejné negativní důsledky, jaké uvádím u lomu Březno-Libouš. Schéma návrhu řešení rozdělovacího systému je v příloze S.



## **12. Shrnutí**

Navržený rozdělovací systém je relativně levný a spolehlivý. Koncepce je jednoduchá a při správném osazení čidel může zařízení fungovat v bezobslužném režimu, při kterém provádějí směnové kontroly mobilní hlídky směnových údržbářů. Jediná nevýhoda spočívá v riziku zavalování přesypu nebo zalepování rozdělovací klapky, a to především při zhoršených povětrnostních podmínkách. Při nasazení rozdělovacího vozu na pevné odtahové linky lomu odpadá i nevýhoda složitých přestaveb.

### **12.1. Výhody a ekonomické zhodnocení**

Při analýze možností zhodnocení alespoň části uhelné substance z oblastí sloje zasažené předcházející hlubinnou těžbou v lomu Jiří jsem vycházel z výsledků studie Ing. Františka Frause, CSc. [9]. Bohužel s tímto zaměřením nebyla žádná novější studie zpracována.

Ve studii jsou rozlišeny stupně hlubinného dobývání (podle počtu lávek) a stanoveny pětileté postupy s určením celkové výtěžnosti a objemů uhlí v daném období. Výsledek je sestaven v tabulce 37 po obdobích, v rozlišení jednolávkového, dvoulávkového, třílávkového rubání a panenské sloje, spolu se stanovením podílu v celkové ploše.

**Tabulka 37**

Plochy stupně přerubání s časovým rozlišením v postupu lomu Jiří do vyuhlení.

Období	1 lávka		2 lávky		3 lávky		celkem rubané		Panenská sloj		Celkem		
	plocha	podíl v celk. ploše	plocha	podíl v celk. ploše	plocha	podíl v celk. ploše	plocha	podíl v celk. ploše	plocha	podíl v celk. ploše	plocha	výtěžnost	objem segmentu
	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	tis. t
<b>11 – 15</b>	277000	22,76	307750	25,28	222525	18,29	807275	66,33	409850	33,67	1217125	32,043	39000
<b>16 – 20</b>	156150	10,13	753000	48,85	416856	27,04	1326000	86,02	215500	13,98	1541500	25,3	39000
<b>po r. 20</b>	102425	15,67	144825	22,16	217875	33,34	465125	71,17	188375	28,83	653500	22,112	14450

Při analýze možností zhodnocení alespoň části zásob uhlí ze sloje zasažené předešlou hlubinnou těžbou nasazením rozdělovacího systému jsem vyloučil z výpočtu části sloje přerubané pouze na jednu lávku. Zhodnocení uhlí v těchto polohách je omezeno kontaminací nadložními jíly, i když i jejich malou část lze přičíst do uhelných zásob, jak ukazují v předchozím textu uvedená zjištění.

Při analýze možností zhodnocení zásob uhlí jsem se zaměřil na segmenty sloje přerubané na dvě a tři lávky. Jak bylo analýzou závalového procesu potvrzeno, vyskytují se zde směsi uhlí z mezikomorových pilířů, ze stropu nebo počvy komor nebo uhlí z vyšších lávek stržené závalem. Kvalitativní parametry těchto směsí jsou při velkostrokové těžbě obvyklými postupy nerozlišitelné. Na jejich rozlišení je vhodné nasadit do technologie pásové dopravy lomu rozdělovací systém, který díky použití kontinuálního popeloměru dokáže rozlišit jednotlivé kvalitativně odlišné části toku těživa a vyslat pokyn k jejich vydělení.

**Tabulka 38**

Předpoklad možností zhodnocení zásob lomu Jiří při využití rozdělovacího systému.

Období		2011 - 2015		2016 - 2020		po roce 2020	
Segment sloje		2 lávky	3 lávky	2 lávky	3 lávky	2 lávky	3 lávky
Hmotnost	t	9 861 233	7 130 369	19 050 900	10 546 457	3 202 370	4 817 652
Jednotková cena za 1t	Kč	250	200	250	200	250	200
Celková cena	Kč	2 465 308 313	1 426 073 715	4 762 725 000	2 109 291 360	800 592 600	963 530 400
5% z hmotnosti	t	493 062	356 518	952 545	527 323	160 119	240 883
Jednotková cena za 1t	Kč	300	250	300	250	300	250
Cena po zhodnocení	Kč	147 918 499	89 129 607	285 763 500	131 830 710	48 035 556	60 220 650
95% z hmotnosti	Kč	2 342 042 897	1 354 770 029	4 524 588 750	2 003 826 792	760 562 970	915 353 880
Součet cen	Kč	2 489 961 396	1 443 899 636	4 810 352 250	2 135 657 502	808 598 526	975 574 530
Zhodnocení	Kč	24 653 083	17 825 921	47 627 250	26 366 142	8 005 926	12 044 130
Zhodnocení celkem	Kč		42 479 005		73 993 392		20 050 056
Zhonocení za 1 rok	Kč		8 495 801				136 522 453

Z tabulky 38 vyplývá, že pokud se tímto způsobem podaří zhodnotit i jen pět procent celkových zásob uhlí lomu Jiří, přerubaných na dvě a tři lávky, má to velmi zajímavé ekonomické důsledky. Při investičních nákladech na zavedení rozdělovacího systému ve výši 4,2 mil. Kč se vložená investice vrátí za první půlrok provozu a do konce životnosti lomu Jiří lze očekávat zhodnocení uhelných zásob vysoko přes 100 mil. Kč.

Shrnutí výsledků disertační práce:

- byl popsán závalový proces, metodou jednotkového bloku byly popsány stav, množství a kvalita uhelných zásob a lokalizován výskyt směsí uhlí v závalech zasažené sloje lomu Jiří.
- byl navržen a v praxi ověřen rozdělovací systém, který umožňuje kontinuálně vydělovat z pásového dopravníku kvalitativně odlišné části dopravovaného materiálu.
- bylo nalezeno optimální umístění pro rozdělovací systém uhlí v dopravní technologii lomu Jiří.
- byly navrženy možnosti využití rozdělovacího systému v jiných lokalitách.
- bylo provedeno ekonomické zhodnocení systému a odhadnut vliv jeho nasazení na zhodnocení sloje zasažené hlubinnou těžbou.

## 12.2. Výstupy pro aplikaci

V kapitole 10. je naznačeno praktické využití rozdělovacího systému v podmínkách Sokolovské uhelné. Na základě analýzy zbytkových zásob a po důkladnějším rozboru dopravní technologie lze nalézt uplatnění rozdělovacího systému i na ostatních těžebních lokalitách v České republice.

## 12.3. Výstupy pro rozvoj teorie

Uvedené výsledky nelze na podkladu malého počtu měření zobecňovat. Načrtnuté disproporce pak podtrhují nezbytnost doplnění souboru měření a jejich následnou analýzu a syntézu pro získání vysoce pravděpodobných kondic výpočtu kvantity a zejména kvality zbytkových zásob. Jejich ocenění vcelku, ale především v různorodých prunicích (horizontech) dobývaných bloků závalovými tělesy je nezbytnou podmínkou pro finální řešení optimální separace uhlí ze závalové substance (směsi) pomocí rozdělovacích stanic. Především je nutné doplnit a dokončit rozbor podílu zbytkových uhelných zásob po dvou- a

tří - lávkovém dobývání v horizontech těžebních postupů s odlišným stupněm zastižení vertikálního profilu závalových polí. Z analýzy proporcí reliktní uhlé sloje zastižených v těchto horizontech a odbytových požadavků (prognóz) na množství a kvalitu paliva bude umožněno navrhnout optimální umístění rozdělovacích stanic s jednoznačným ekonomickým přínosem separace.

### 13. Závěr

Při samotném zpracování disertační práce jsem vycházel z dosavadních výsledků výzkumu věnovaného problematice těžby uhlí ze závalových polí lomu Jiří a z praktických provozních zkušeností, získaných při dobývání těchto poloh. Stanovení prognózy zásob metodou jednotkového bloku potvrdilo výskyt směsí uhlí s různou kvalitou v částech sloje přerubaných na 2 až 3 lávky. Analýza závalového procesu naznačila průběh a konečné uspořádání zasažené sloje. Z ní jasně vyplývá velké promísení jednotlivých vrstev uhlí. Takový stav dobývané sloje je neslučitelný s kontinuální těžbou kolesovým rýpadlem a pásovou dopravní technologií. Při ní bývá tendence záměrně kvalitativně podhodnotit takto promíchanou sloj v zájmu snížení rizik při následném zpracování vytěženého uhlí. To však vede k ekonomickým ztrátám. Technické řešení rozdělování těživa poskytuje nástroj k automatické selekci uhlí s rozdílnou kvalitou bez vlivu lidského faktoru, který výrazně pomůže zhodnotit uhelné zásoby lomu znehodnocené bývalou hlubinnou těžbou.

## **Použitá literatura**

- [1] Jiskra, J.: Z historie uhelných lomů na Sokolovsku, Sokolovská uhelná, a.s., Sokolov, 1997, str. 117-129
- [2] Šenkýř, J.: Těžba uhlí v lomech Jiří a Družba - prezentace, Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s., Sokolov, 2010, str.126, 128
- [3] Kryl, V., Milič, J.: Technologie lomového dobývání uhelných ložisek II. – Dobývání v obtížných podmínkách, ES VŠB-TU Ostrava, 1993, Ostrava, str. 79-81
- [4] Hanzlíček, A.: Technologický postup pro povrchové dobývání kolesovými rypadly KU 300S, Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s., Sokolov, 2010
- [5] Rucký, P.: Výzkum možnosti využití kvantitativního a kvalitativního zastoupení vrstev ve sloji po předchozí hlubinné těžbě ke zpracování prognózy optimálního složení odbytových směsí při jejich dobývání v reálném čase, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a.s., Most, 2005, str. 3-7
- [6] Botula, J.: Řízení separace uhlí z území po hlubinném dobývání na kvalitativně odlišné druhy pomocí rozdělovacích stanic s cílem maximální ekonomické efektivity. I-etapa, Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 2007.
- [7] Botula, J.: Řízení separace uhlí z území po hlubinném dobývání na kvalitativně odlišné druhy pomocí rozdělovacích stanic s cílem maximální ekonomické efektivity. II-etapa, Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 2009
- [8] Rambousek, M.: Druhá provozní zkouška gamapopeloměru GE 2000 při nasazení pro selektivní třídění uhlí a hlušiny, ENELEX s.r.o. Chvaletice, Chvaletice, 2004, str.5
- [9] Fraus, F.: Vyhodnocení kvantitativního a kvalitativního rozpadu složek zásob uhlí ze závalových polí východní části Sokolovské pánve dle časových postupů lomu Jiří a vlivů lomové technologie na redukci těchto zásob, Březová u Sokolova, 1999, str. 7.

## **Odkazy na webové stránky:**

- [10] <http://www.enelex.cz/gamapopelomery-3000.htm>
- [11] <http://www.mapy.cz/>



### **Seznam vlastních prací vztahujících se k disertační práci:**

- [1] Zima R., Neved'al A.: Způsob řešení procesu rozdělování těživa při lomové těžbě částí sloje zasažených předcházející hlubinnou těžbou v lomu Jiří. Zpravodaj Hnědé uhlí 1/2008, VÚHU Most, leden 2008, str. 32-39.
- [2] Zima R.: Těžba a využití uhelných zásob ze sloje zasažené předcházející hlubinnou těžbou v lomu Jiří. Sborník přednášek Mezinárodní konference využívání zdrojů nerostných surovin, VŠB-TU Ostrava, říjen 2008.
- [3] Zima R., Botula J., Rucký P.: Ověření stavu zbytkových zásob ve sloji zasažené předchozí hlubinnou těžbou metodou jednotkového bloku. Uhlí, rudy, geologický průzkum 11/2008, ZSDNP Praha, listopad 2008, str. 29-33.
- [4] Zima R.: Možnosti využití kontinuálního popeloměru při procesu separace jednotlivých poloh uhelné sloje. Sborník přednášek II. Mezinárodní konference využívání zdrojů nerostných surovin, VŠB-TU Ostrava, leden 2010.